

Vortrag über die Anlage und den Bau der Abzugscanäle.

Von
J. Chailly.
(Schluss.)

III. Capitel.

Von der Stabilität und Dauer der Canäle.

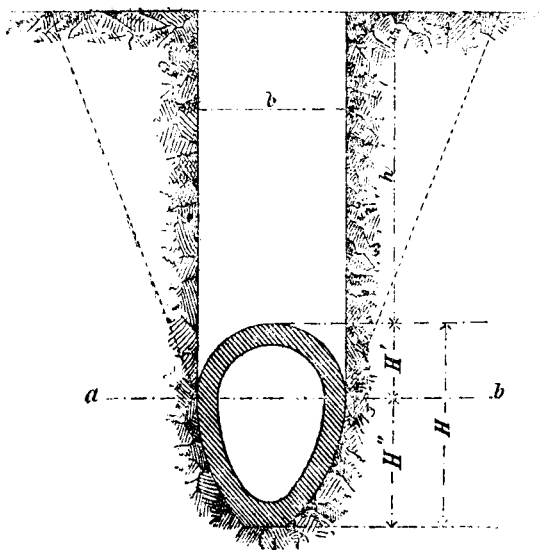
Die Canäle haben ringsum den Erddruck und wenn sie im offenen Einschnitte ausgeführt worden sind, hauptsächlich den Druck des wiederaufgefüllten Einschnittes auszuhalten und müssen die Wandungen der Canäle diesem Drucke widerstehen; aber nicht nur wie bei andern Constructionen in der Art, dass kleine Ausweichungen und Setzungen gestattet sind, wenn nur das Object nicht einfällt, sondern in völlig absoluter Weise, weil auch durch die kleinste Setzung die Wasserdichtigkeit und das Gefäll des Canals alterirt wird.

Es darf also auch der Grund unter der Sohle nicht nachgeben.

Ausserdem müssen die Canäle den Druck darübergehender Lastwagen aushalten.

Der lothrechte Druck auf die Gewölbwiderlager und die Pressung auf den Scheitel per Quadrateinheit ist leicht zu bestimmen, und zwar ist es für den Druck auf das Widerlager ziemlich gleichgiltig, ob man nur die im lothrechten Einschnitte befindliche Erde als drückend annimmt, oder auch noch vom seitlichen Terrain einen Druck zugibt;

Figur 4.



denn wenn man sich auch die ganze ober $a b$ (Fig. 4) befindliche Erdmasse flüssig denkt, so kommt auf das Widerlager doch immer nur der Druck heraus, den auch die lothrechte Erdmasse des Einschnittes für sich erzeugt, nämlich auf die Längeneinheit des Canals.

Druck auf beide Widerlager $d = b(h + H)\varepsilon + L$. . . (I)

Pressungen auf den Scheitel $p = h\varepsilon + \frac{L}{b}$. . . (II)

wo ε die Dichtigkeit (Gewicht der Kubikeinheit) der Erdschüttung, b die äussere Breite des Objectes und L die zufällige Belastung pro Längeneinheit Canal ist.

Durch Spannungen innerhalb der Auffüllung kann dieser Druck zwar kleiner, nie aber grösser werden.

Der Druck auf die Sohle ist um das Gewicht des

Canalgemäuers und des im Canal laufenden Wassers grösser als der auf den Scheitel, schlimmsten Falles also um einen Erddruck von der Höhe H , wo H die äussere Höhe des Canalgemäuers ist; daher dieser Druck pro Längeneinheit Canal gleich

$$D = b(h + H)\varepsilon + L \dots \dots \dots (III).$$

Besteht nun zwischen dem Canalgemäuer und dem dahinter liegenden Erdreich keine Verbindung oder Reibung, so wirkt dieser ganze Druck auf die horizontale Sohle von der Breite $2s$ des Gemäuers, und die Sohlenpressung per Quadrateinheit ist:

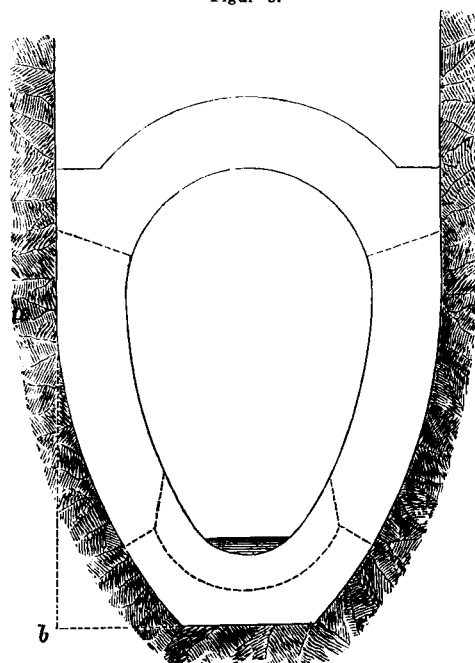
$$p_s = \frac{b(H + h)\varepsilon + L}{2s} \dots \dots \dots (IV).$$

Diese Pressung ist der Sohlenbreite umgekehrt proportionirt.

Besteht aber eine Verbindung zwischen dem Canalgemäuer und dem Terrain, wie sie beispielsweise durch die Abrundung der äusseren Canalmauer (Fig. 5) und durch sorgfältiges Einstampfen eines Betons entsteht, so vertheilt sich dieser Druck ringsum nach einem Gesetz, das allerdings von Zufälligkeiten abhängt und welches einen bestimmten Charakter erst annimmt, wenn das Erdreich sich einer flüssigen Masse nähert, wo alsdann die Pressung in jedem Punkte nur noch von der Druckhöhe dieses Punktes abhängt; für den tiefsten Punkt des Canalgemäuers hätte man alsdann:

$$p_s' = \frac{b(H + h)\varepsilon + L}{b} \dots \dots \dots (V).$$

Figur 5.



Die Sohlenbreite hat hiebei keinen Werth mehr und kann man die Herstellung der Zwickel $a b c$ (Fig. 5) ersparen.

Hält das Erdreich nicht mit der angenommenen Böschung und muss demnach verschalt oder später hinterfüllt werden, so ist die Voraussetzung für die Formel V nicht mehr giltig und nähert man sich mehr oder weniger dem Fall der Formel IV, es ist dann nämlich zwischen den Seitenmauern und dem dahinter liegenden Terrain nur eine lose oder gar keine Verbindung und es ist daher hier gut, die Sohle zu verbreitern. Dasselbe ist auch für

jede Art von Ziegel- oder Steinmauerwerk der Fall, weil auch hier keine Verbindung desselben mit dem Hintermaterial vorhanden ist, woraus hervorgeht, dass für Ziegel- und Steinmauern die Zwickel nicht erspart werden können, ausser bei sehr festem Grund. Ueberhaupt kann man den günstigen Fall V nur für gut eingestampften Beton in gewachsenes Erdreich annehmen, und diesen günstigen Fall, bei dem man die Mauerung und Grabung der Zwickel erspart, sucht man sich in der Praxis womöglich dadurch zu sichern, dass man nur wenig aufgräbt und den Graben sofort durch die Canalherstellung wieder ausfüllt.

Die Widerlags- oder Seitenmauern der Canäle haben zunächst nur den Druck von oben auf die Sohle zu verpflanzen und müssten, wenn sie lothrecht wären, gegen unten nach Maassgabe der durch ihr Eigengewicht hervorbrachten Last an Stärke zunehmen.

Ausserdem haben die Widerlager dem seitlichen Erddruck zu widerstehen; dies werden sie beinahe immer thun, wenn ihre Stärke dem lothrechten Drucke entsprechend gewählt, der Kanal ringsum fertig und das Gewölbe schon belastet ist; anders ist dies aber während des Baues.

Die Seitendrucke der Erde machen sich sofort nach der Mauerung geltend, wenn an das Erdreich angemauert wurde, und sofort nach der Hinterfüllung, wenn nicht angemauert wurde.

Blieb das Erdreich vertical oder mit einer geringen Böschung freistehen, so dass man ohne Hinderniss an dasselbe anmauern konnte, so wird der Erddruck wenigstens in der ersten Zeit nicht gross sein; anders wenn man das Erdreich verschalen musste, nach Wegnahme der Schalung, wo alsdann ein plötzlicher Einbruch nicht nur druck-, sondern auch stossweise auf die Widerlagsmauern wirken kann.

Wäre in diesem Falle das Gewölbe nicht schon geschlossen und etwas belastet, so müssen die Widerlager als Futtermauern widerstehen, wobei sie viel mehr in Anspruch genommen werden, als für ihren späteren eigentlichen Zweck.

Eine etwaige Einrüstung des Terrains hinter dem Widerlager soll also erst entfernt werden, wenn der betreffende Canaltheil fertig und schon einigermaassen belastet ist.

Gut ist es auch, wenn die Canalmauern gegen Innen durch eine Rüstung abgesteift werden, welche Rüstung erst nach Schluss des Gewölbes und theilweiser Belastung desselben zu entfernen ist.

Dies ist der Fall bei der Construction mittelst der oben beschriebenen patentirten Schalung des Verfassers (Fig. 3).

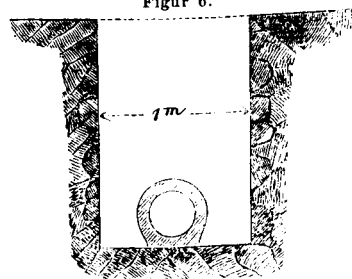
Für Betoncanäle ist jede andere Art der Ausführung entweder schlecht oder theuer; insofern nämlich allerdings der Uebelstand durch sehr grosse Wanddicke der Seiten gehoben werden kann.

Den Seitendruck der Erde zu schätzen ist schwierig; als schlimmsten Fall wird man den betrachten können, wenn anstatt des Terrains Wasser angenommen wird, wo dann auch der Druck leicht zu bestimmen ist. Dieser Maximaldruck tritt oft in Gestalt eindringender Quellen an

einzelnen Punkten auf. Um überhaupt in solchen Fällen die Ausführung zu ermöglichen, muss man die betreffenden Canaltheile in reinem rasch anziehenden Romancement ausführen, den man trocken in Säcken einstampft und der sich durch das zudringende Quellwasser sofort versteinert.

Die grösste Belastung auf ein Räderpaar eines gewöhnlichen Lastwagens ist ungefähr 2000^{kg} und der Radstand wird durchschnittlich nicht viel von 1^{m} entfernt sein, so dass man für quer über den Canal gehende Lasten 2000^{kg} per Currentmeter nehmen kann. Es kommen aber auch ausserordentliche Lasten, Locomotiven, grosse Quaderstücke, Dampfkessel etc. vor, wo die Last per Räderpaar auf 10.000^{kg} steigen kann.

Diese zufällige Belastung wirkt aber stossend auf geringe Tiefen, etwa bis auf eine Tiefe von der doppelten Breite des Einschnittes. Man kann diese Wirkung annähernd dadurch in Berechnung ziehen, dass man für alle Canalröhren, welche weniger tief liegen, dennoch diese Tiefe in Berechnung nimmt.



Figur 6.

Man erhält damit für jeden Canal einen Minimaldruck und eine Minimal-Mauerdicke.

Für kleinere Objecte, welche weniger als 1^{m} breit sind, kann der Einschnitt aus praktischen Gründen nicht viel unter 1^{m} breit gemacht werden, und die oben wirkende Last vertheilt sich in der ganzen Breite des Einschnittes gleichförmig nach unten, so dass das Object von der äusseren Last nur im Verhältniss seiner Breite zu tragen bekommt; allerdings sind die Fälle ausgenommen, wo die Tiefe des Objectes unter der Strasse sehr gering ist. Solche geringe Tiefen suche man aber eben wegen der Gefährlichkeit des Bruchs durch Fuhrwerke etc. zu vermeiden.

Auf Objecte von grösserer Breite, z. B. 3^{m} , kann aber der Lastwagen mit beiden Räderpaaren stehen und ist dann nicht mehr gleich 2000^{kg} , sondern gleich 4000^{kg} zu nehmen; man könnte also auch die zufällige Last ungefähr gleich 2000^{kg} per \square^{m} wählen, für jene ausserordentlichen Fälle aber gleich 10.000^{kg} per \square^{m} , wodurch man alle verschiedenen Fälle umfassen würde.

Bei sehr grossen Tiefen kann vielleicht nicht mehr das ganze Gewicht des Einschnittes als drückend angenommen werden, da ein Theil der Einfüllung sich gegen die Seitenwände stützt und sich selbst trägt; wie gross dieser Theil ist, liesse sich nur durch Versuche bestimmen, es sind aber keine solchen bekannt; jedenfalls hängt es auch von der Erdart und von der Art der Einfüllung selbst ab. Stark eingestampft Material wird nachher weniger, solches, das sich nicht stampfen lässt, z. B. Schotter, wird mehr drücken; lose eingeschüttetes Material, das sich seiner ganzen Höhe nach zusammensetzt, wird nachher möglicherweise mit seinem ganzen Gewichte auf das Gewölbe drücken. Wenn man annimmt, dass nur das sechsfache der Breite noch drückt, so wird man für praktische Fälle meistens sicher gehen, schon deshalb, weil

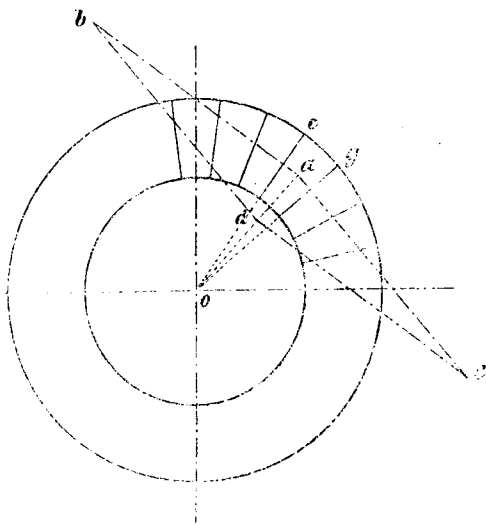
bei noch tieferen Einschnitten der Stollenbetrieb schon anfängt billiger zu werden als der im offenen Einschnitte. Allerdings geht der Stollenbetrieb langsamer, da er aber den Strassenverkehr nicht oder jedenfalls viel weniger hindert als der offene, so wird die grössere Langsamkeit in den meisten Fällen kein Hinderniss der Ausführung sein. Bei der Maximaltiefe gleich der sechsfachen Breite kann dann auch die zufällige Last auf den Strassen ausser Berechnung bleiben.

Beim Stollenbetrieb wird gewöhnlich die dreifache Breite des Stollens als Maximaldruckhöhe auf das Gewölbe angenommen, mit welchem Recht, weiss man nicht, so lange nicht Versuche mit den verschiedenen Erdarten hierüber angestellt sind.

Nachdem die voraussichtlich schlimmsten Erddrücke so gut als es der gegenwärtige Stand der Wissenschaft erlaubt, geschätzt sind, geht die Bestimmung der Mauerdicken nach den üblichen Theorien für Gewölbe und Futtermauern vor sich.

Da die Abzugscanäle aber sehr kleine Objecte, auch im Verhältniss zu ihrer Mauerdicke sind und da sie bei sorgfältigem Hinterstampfen nach keiner Seite ausweichen können, eine Deformation also ausgeschlossen und nur einer Zerdrückung zu widerstehen ist, so vereinfacht sich die Berechnung ganz ausserordentlich.

Figur 7.



Es wird nämlich jeder durch zwei centrale Fugen eines kreisbogenförmigen Stücks Canalgemäuers begrenzte Theil als Keil oder Gewölbesteine wirken, welcher eben so stark durch die auf seinen Rücken wirkende centrale Last nach Innen, als durch die Gegendrücke der Nachbarsteine nach Aussen gedrückt wird (denn andernfalls träte die als unmöglich vorausgesetzte Deformation ein); hieraus ergibt sich aber sehr leicht der Druck in der Fuge als Function der äusseren centralen Last; ist nämlich P diese letztere per Quadrateinheit, so wirkt auf den Gewölbesteine eg (Fig. 7) von der Länge l , die Last $P \cdot eg$ im Schwerpunct a central und ist durch ad versinnlicht, während $ab = ac$ die Fugendrucke d_t normal zu den Fugen sind.

Es ist:

$$\triangle oeg \sim \triangle cad$$

deshalb

$$ad : ac = eg : eo,$$

$$Peg : d_t = eg : r$$

$$d_t = Pr \dots \dots \dots (VI);$$

für den Scheitel ist nach Formel II:

$$P = p = h\varepsilon + \frac{L}{b},$$

für die Sohle entweder nach Formel IV:

$$P = p_s = \frac{b(H+h)\varepsilon + L}{2s},$$

oder nach Formel V:

$$P = p'_s = \frac{b(H+h)\varepsilon + L}{b};$$

für die Seitenwände schlimmsten Falles (Wasser)

$$P = \left(h + H' + \frac{H''}{2}\right) \gamma \dots \dots \dots (VII),$$

wo γ die Dichtigkeit des Wassers ist.

Es ist also nach Formel VI und VII:

Druck in der Scheitelfuge

$$d_h = r \left(h\varepsilon + \frac{L}{b}\right),$$

Druck in der Sohlenfuge

$$d_s = r' p_s = r' \frac{b(h+H)\varepsilon + L}{2s},$$

$$d'_s = r' p'_s = r' \frac{b(h+H)\varepsilon + L}{b},$$

Wasserdruck in den Widerlagerfugen

$$d_m = r'' \left[\left(h + H' + \frac{H''}{2}\right) \gamma\right],$$

(VIII)

wo r , r' , r'' , resp. die äusseren Halbmesser des Gewölbes, der Sohle und der Seitenwand sind. In dem Druck d_m ist der von der verticalen Last allein herrührende $e d$ (Formel I)

$$d = \frac{b(h+H)\varepsilon + L}{2}$$

schon enthalten; oder umgekehrt, wenn $d > d_m$ ausfällt. d ist nicht nur der Druck im Widerlager, sondern auch bei Halbkreisgewölben der Druck in der Anfangfuge.

In obigen Formeln ist $\gamma = 1000^{\text{kg}}$, ε durchschnittlich gleich 2000^{kg} ; für viele Canalprofile wird $b = 2r$ sein.

Wird die zufällige Last per Quadrateinheit Q eingeführt anstatt der Last L auf der Currenteinheit, so ändern sich die Formeln wie folgt:

$$2d = b[(h+H)\varepsilon + Q] \dots \dots \dots (IX)$$

$$p = h\varepsilon + Q \dots \dots \dots (X)$$

$$D = b[(h+H)\varepsilon + Q] \dots \dots \dots (XI)$$

$$p_s = \frac{D}{2s} = b \frac{(h+H)\varepsilon + Q}{2s} \dots \dots \dots (XII)$$

$$p'_s = \frac{D}{b} = (h+H)\varepsilon + Q \dots \dots \dots (XIII)$$

$$p_m = \left(h + H' + \frac{H''}{2}\right) \gamma \dots \dots \dots (XIV)$$

$$d_t = PR \dots \dots \dots (XV)$$

$$d = b \frac{(h+H)\varepsilon + Q}{2} \dots \dots \dots (IX)$$

$$d_h = pr = r(h\varepsilon + Q) \dots \dots \dots (XVI)$$

$$d_s = p_s \cdot r' = r' b \frac{(h+H)\varepsilon + Q}{2s} \dots \dots \dots (XVII)$$

$$d'_s = p'_s \cdot r' = r' [(h + H) \varepsilon + Q] \dots (XVIII)$$

$$d_m = p_m \cdot r'' = r'' \left[\left(h + H' + \frac{H''}{2} \right) \gamma \right] \dots (XIX)$$

Ist die Seitenwand geradlinig, so muss ein Bogen in die Mauer eingezeichnet werden; derjenige Bogen, der die meiste Stabilität ergibt, wirkt dann in der Mauer.

Mit Ausnahme der accidentellen Seitendrücke oder Seitenstösse fängt der eigentliche Erddruck erst mit der Wiederauffüllung des Grabens an.

Diesen Graben kann man wegen der Verkehrsstörung in den Strassen nicht zu lang offen lassen und wird man annehmen müssen, dass das Gewölbe des Canals 6 Tage nach seiner Vollendung das ganze Gewicht zu tragen haben wird.

In den nach dem Patent des Verfassers ausgeführten Betoncanälen wurden per Tag vier Stücke von je 2^m Länge hergestellt. Die eiserne Einschalung von 2^m Länge wird nur nach und nach versetzt, so dass jedes Stück, bezüglich jeder Gewölbstein mindestens drei Stunden auf seiner Schalung sitzt; auch das erste, nämlich das Sohlenstück, wird erst ausgeschalt, nachdem das Canalstück ringsum fertig ist.

Wenn das betreffende Canalstück vollständig ausgeschalt ist, so ist wie gesagt, das Gewölbe mindestens drei Stunden alt, die übrigen Theile sind noch älter; das Gewölbe wird sofort circa $\frac{1}{2}$ ^m hoch mit Erde belastet und dann ist das Ganze den seitlichen Erddrücken vollständig gewachsen, wenn sie sich einstellen sollten, und hat das Widerlager hier niemals, wie bei gemauerten Canälen oder wie bei anders ausgeführten Betoncanälen, als Stützmauer zu wirken. Die ganze Anschüttung geschieht dann ebenfalls nach höchstens sechs Tagen.

Man hat also für die Seitendrücke die Festigkeit des drei Stunden alten Mörtels oder Betons, für den Hauptdruck von oben diejenige des vier Tage alten zu bestimmen.

Die Cemente und hydraulischen Kalke sind in dieser Beziehung sehr verschieden, und wenn man aus dem Grund, den Canal überhaupt mit Ruhe und Pünctlichkeit machen zu können, kein zu rasch anziehendes Bindemittel verwenden darf, so soll man anderseits auch keines wählen, welches nicht wenigstens in drei Stunden vollständig angezogen hätte.

Die Tragfähigkeit der hier in Rede kommenden Materialien ist ungefähr die folgende. Es trägt ein Quadrat-Centimeter Ziegel, Portland-Cementmörtel, Betonsteinmasse

nach 3 Stunden 4^{kg}

„ 4 Tagen 15^{kg}

„ 3 Monaten 100^{kg}

Mörtel aus hydraulischem Kalk, Betonmauermasse

nach 3 Stunden 4^{kg}

„ 4 Tagen 9^{kg}

„ 3 Monaten 40^{kg}

Die Festigkeit der Ziegel kommt hier nicht in Betracht, weil die Mörtelfugen nicht zerdrückt werden dürfen.

Bei grösserer Belastung von Ziegelcanälen riskirt man zwar vielleicht nicht den Einfall des Canals, wohl aber ein Zerstoren des Mörtels, welches seine Wasserdichtigkeit aufhebt,

Für nicht schwimmendes Erdreich ist der Seitendruck im Verhältniss zum obern immer so klein, dass die Seitenmauern auch nach drei Stunden, wenn der Mörtel oder Beton nur angezogen hat, nicht gefährdet sind. Für schwimmendes muss dagegen die Festigkeit des drei Stunden alten Mörtels oder Betons in Rechnung gezogen werden, und man hat z. B. nur die doppelte Sicherheit, wenn man für d_m eine Belastung von 2^{kg} per Quadrat-Centimeter wählt.

Für alle andern Drücke d , d_h , d_s wird man die Festigkeit des vier Tage alten Materials in Rechnung nehmen müssen; eine Belastung von 3^{kg} per Quadrat-Centimeter würde als für das geringere Material eine dreifache, für das bessere eine fünffache Sicherheit gewähren; diese Sicherheit wächst aber nach und nach bis zu einer 13- resp. 33fachen.

Fertige Röhren aus Steinmasse tragen schon beim Verlegen 100^{kg} per Quadrat-Centimeter, können also ohne Gefahr mit 10^{kg} belastet werden. Diese Ziffer kann wenigstens für die Muffen von halber Dicke in Rechnung gezogen werden; die Röhren selbst sind dann nur mit 5^{kg} in Anspruch genommen,

Auf den Mörtel, der zur Dichtung zwischen den Röhrenmuffen dient, kommt bei gleichmässiger Belastung der Röhren kein Druck, wohl käme aber einer, wenn ein Rohr unter seiner Last in den Grund hineinsinken würde, die Nachbarröhren aber festliegen.

Der Eintritt dieses Umstandes muss durch sorgfältiges Legen der Röhren vermieden werden. Am sichersten ist es, sie auf eine Betonschichte zu vermauern, für welchen Zweck man ihnen eine gerade Sohle gibt.

Vergleicht man Ziegelcanäle mit solchen aus gestampfter Masse, so ist klar, dass man die Wanddicke der letzteren ganz nach Bedürfniss einrichten kann, indem sogar ein öfterer Wechsel der Mauerdicke in derselben Canalstrecke nicht die mindesten Schwierigkeiten macht.

Anders ist dies bei Ziegelcanälen, wo man an die Ziegeldimensionen gebunden ist. Dies zeigt sich prägnant in den Canalprofilen der hiesigen Commune, wo die Mauerdicke dieselbe für alle Canäle ist, obgleich der kleinste Canal 3' 6" (1.1^m) hoch und 2' (0.63^m) weit und der grösste 5' (1.58^m) hoch und 4' (1.26^m) weit ist.

Zu bedenken bleibt bei dem Canalbau ferner, dass der Grund unter der Sohle mehr zu tragen bekommt als er vorher getragen hat, und deshalb unter Umständen eine Setzung zu befürchten ist.

Ueber die Zusammendrückbarkeit der Erdarten hat der französische Ingenieur Arson Versuche angestellt, zunächst zu dem Zweck der Erbauung von Gascisternen; Arson macht nämlich die Mauern dieser Cisternen nicht so stark, dass sie allein dem Wasserdruck widerstehen könnten, sondern verlässt sich noch auf den Widerstand der dahinter liegenden Erde; seine Versuche ergaben, dass man Sand, Schotter und steinigen Lehm

	mit 100 ^{kg}	per	Quadrat-Decimeter
lehmige Erdarten	80	„	„
lockere Erde	40	„	„
drücken kann, ohne dass diese Erdarten im mindesten nachgeben.			

Wo bei Canälen die Pressung auf die Sohle eine grössere als nach diesen Zahlen zulässige wird, müsste man zur Sohlenverbreiterung oder zu künstlicher Fundirung schreiten. Die einfachste und billigste künstliche Fundirung ist aber das Einstampfen eines Betons, wodurch das Erdreich schon so weit zusammengedrückt wird, dass es durch die Wirkung der Last in vielen Fällen nicht mehr nachgibt. Es wäre sehr am Platz, wenn auch unter gemauerten Canälen eine Betonsohle eingestampft würde. Dabei ist aber nicht zu vergessen, dass ein eingeschütteter flüssiger Beton an sich schon schlecht, auch diesen Fundirungszweck nur unvollkommen erfüllt, und dass letzteres nur durch energisches Einstampfen eines feuchten Betons geschieht.

Es kann allerdings zwischen der Tragfähigkeit eines schlechten Grundes und der von ihm zu tragenden Last ein Missverhältniss obwalten, welches auch durch Betonirung nicht mehr ausgeglichen werden kann; in diesem Fall wird man bei geringen Tiefen zur Fundamentverbreiterung und bei grösseren Tiefen zur Pilotirung schreiten müssen.

Für alle Objecte von geringerer äusserer Breite als 1^m muss der Einschnitt aus praktischen Gründen dennoch ungefähr 1^m breit gemacht werden; es ist dann die im Einschnitt lothrecht wirkende Last per Current-Meter als solche per Quadrat-Meter in Rechnung zu ziehen und also die Formeln IX bis XIX hierfür anzuwenden, wobei aber b nicht mehr die Breite des Einschnittes, sondern die grösste Breite des Objectes bedeutet.

Diese Objecte werden meistens kreisförmige Röhren sein, und wenn hier h als Tiefe bis zur Sohle gilt, so ist d_h zugleich der Druck in der Sohle und kann der Sicherheit halber als ringsum stattfindend betrachtet werden.

Das Minimum findet hier statt für $h = 2^m$

„ Maximum „ „ „ „ $h = 6^m$

Für Objecte mit gleich dicken Halbkreisgewölben ohne Verstärkung der Widerlager ist $b = 2r$ und aus den Formeln IX bis XIX werden folgende:

$$d = d_h = r (\S \varepsilon + Q) = r (2000 \S + Q) \quad \text{. . (XX)}$$

$$d_s = r \frac{r'}{s} (\S \varepsilon + Q)$$

$$d'_s = r' (\S \varepsilon + Q)$$

$$d_m = r'' \S \gamma = 1000 r'' \S$$

Es ist hier für die verschiedenen nicht viel von einander abweichenden Tiefen der Formeln IX bis XIX die Tiefe \S der lichten Canalsohle unter der Strasse eingeführt worden, wodurch d und d_h etwas grösser sich berechnen, als sie in der Wirklichkeit sind. r' ist immer kleiner als r , daher $d'_s < d$; r' ist auch immer kleiner als s , daher auch $d_s < d$. r'' nähert sich meistens $2r$, also $d_m = 2000 r \S$, demnach kleiner als d . Man geht also sicher, wenn man die Canalwände ringsum nach dem Drucke d bestimmt.

Die zufällige Last Q wird in der Regel umsoweniger drücken, je tiefer der Canal liegt; bei der Berechnung der Tabelle hat man für Q folgendes Schema angenommen.

Zufällige Last Q per □ Meter in der Strasse 6000^{kg}

in einer Tiefe von b (Einschnittsbreite) 5000^{kg}

„ „ „ „ 2 b „ 4000^{kg}

„ „ „ „ 3 b „ 3000^{kg}

in einer Tiefe von 4 b (Einschnittsbreite) 2000^{kg}

„ „ „ „ 5 b „ 1000

„ „ „ „ 6 b „ 0

Die Tabelle gibt in erster Linie den angenommenen Werth für Q , in zweiter Linie den Druck auf eine Querschnittsfläche von 1^m Länge nach Formel XX in Kilogramm, in dritter Linie die Mauerdicken bei einer Belastung von 3^{kg} per Quadrat-Centimeter.

\S	W e r t h e v o n γ									
	0.1 ^m	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0 ^m
2 ^m	$Q = 4000$	4000	4000	4000	4000	5000	5000	5000	5000	5000
	$d = 800$	1600	2400	3200	4000	5400	6300	7200	8100	9000
3 ^m	3	5	8	11	13	18	21	24	27	30
	3000	3000	3000	3000	3000	4000	4000	5000	5000	5000
4 ^m	900	1800	2400	3600	4500	6000	7000	8800	9900	11000
	3	6	9	12	15	20	23	29	30	37
5 ^m	2000	2000	2000	2000	2000	3000	3000	4000	4000	4000
	1000	2000	3000	4000	5000	6600	7700	9600	10800	12000
6 ^m	3	7	10	13	17	22	26	32	36	40
	1000	1000	1000	1000	1000	2000	3000	3000	4000	4000
7 ^m	1100	2200	3300	4400	5500	7200	9100	10400	12600	14000
	4	8	11	15	18	24	30	35	42	47
8 ^m	0	0	0	0	0	1000	2000	3000	3000	3000
	1200	2400	3600	4800	6000	7800	9800	12000	13500	15000
9 ^m	4	8	12	16	20	26	33	40	45	50
	0	1000	2000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
10 ^m	8400	10500	12800	14400	17000	20000	23000	26000	29000	32000
	28	35	42	48	57	66	77	88	100	111
11 ^m	0	1000	2000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
	11200	13600	16200	18000	21000	24000	27000	30000	33000	36000
12 ^m	37	45	54	60	67	77	88	100	111	122
	0	1000	2000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
13 ^m	14400	17100	20000	22000	25000	28000	31000	34000	37000	40000
	48	57	67	77	88	100	111	122	133	144
14 ^m	0	1000	2000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
	18000	21000	24000	27000	30000	33000	36000	39000	42000	45000
15 ^m	60	70	80	90	100	111	122	133	144	155
	0	1000	2000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000

Lässt man die tiefen Baugruben eine Woche länger offen, so wird der Mörtel oder Beton so weit erhärtet sein, dass man ihn mit 5^{kg} per Quadrat-Centimeter belasten kann und ergeben sich für die tief gelegenen Canäle von 0.6^m, 0.7^m, 0.8^m, 0.9^m und 1^m äusserer halber Breite stärkste Mauerdicken von 25^{cm}, 28^{cm}, 30^{cm}, 36^{cm} und 40^{cm}, zu welchen ermässigten Dicken besonders dann gegriffen werden kann, wenn man Grund zu haben glaubt, dass nicht mehr die ganze Einschnittauffüllung auf das Gewölbe drückt.

Als Extreme hinsichtlich der Mauerdicken der Canäle können immerhin im Maximum die Wiener Canäle (Fig. 11 und 17), im Minimum ein neuerdings in Stuttgart, allerdings aus guter Steinmasse erzeugter Canal (Fig. 9) gelten. Die Mauerdicken der Londoner und Berliner Canäle liegen zwischen diesen beiden Extremen.

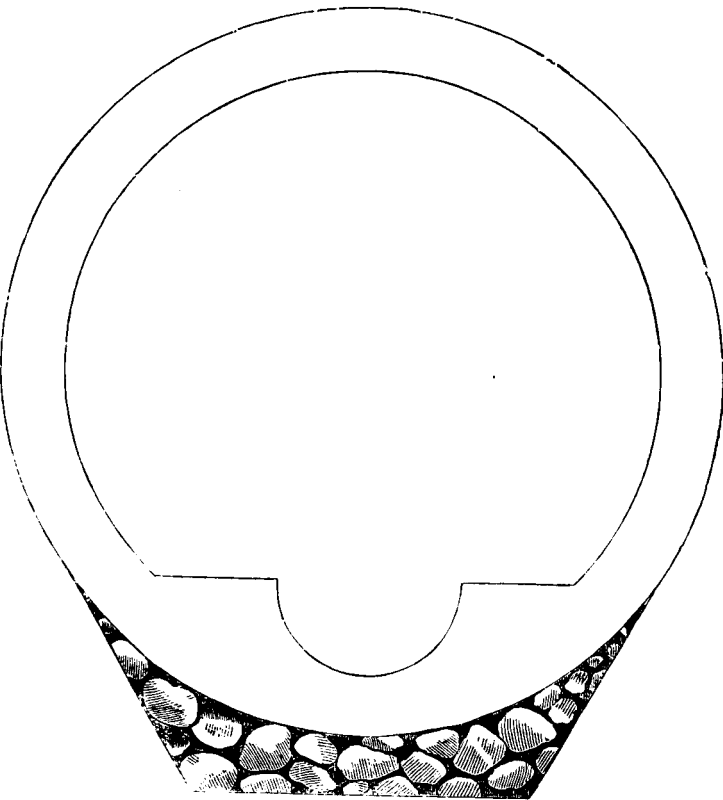
Die Canäle müssen nicht nur so gebaut sein, dass sie unbeweglich sind und bleiben, statisch betrachtet, sondern ihre inneren Wandungen dürfen auch nicht angegriffen werden, weder von der Gewalt des fliessenden Wassers und des Gerölles, noch chemisch durch die Unrathstoffe.

Starke Säuren kommen hier nicht in Betracht, indem die Fabriken, welche solche ablassen, zu veranlassen sind, dieselben vor dem Ablass zu neutralisiren.

In beiden obigen Beziehungen dürfte es gerathen sein, die untere Partie der Beton-Canäle, falls solche nur aus Mauermaße ge-

macht werden, mit Steinmasse auszufüttern, wie Fig. 5 zeigt.

Figur 9.



Diese Masse widersteht der mechanisch reibenden Wirkung des Wassers und Gerölles vollkommen und der Wirkung der Abortstoffe sogar so, dass die Masse durch dieselben immer besser und härter wird und eine förmliche Glasur annimmt.

Man kann dies an den Pissiors des Wiener Südbahnhofes sehen, hauptsächlich an denjenigen neben dem Einfahrtsgeleise; die Südbahn hat hierüber folgendes Zeugniss ausgestellt.

K. k. priv.
Südbahn-Gesellschaft.
General-Direction.
Abtheilung für den Hochbau.

Wien, den 20. Jänner 1876.

Zeugniss.

Auf Ansuchen des Unternehmers Herrn J. Chailly wird demselben bezeugt, dass unter den Cementpflasterungen, welche von ihm am hiesigen Südbahnhofe direct auf der Baustelle ausgeführt worden sind, und welche sich im Allgemeinen alle gut gehalten haben, diejenigen weitaus die besten, härtesten und schönsten sind, welche in den Aborten und Pissiors gelegt worden sind.

Trotzdem, dass diese Pflasterungen schon im Jahre 1871, theilweise im Jahre 1872 gemacht worden sind, zeigen dieselben nicht die geringste Abnützung und sind dabei von einer Glätte und Reinheit, wie sie sonst nur glasiertem Thon eigen ist.

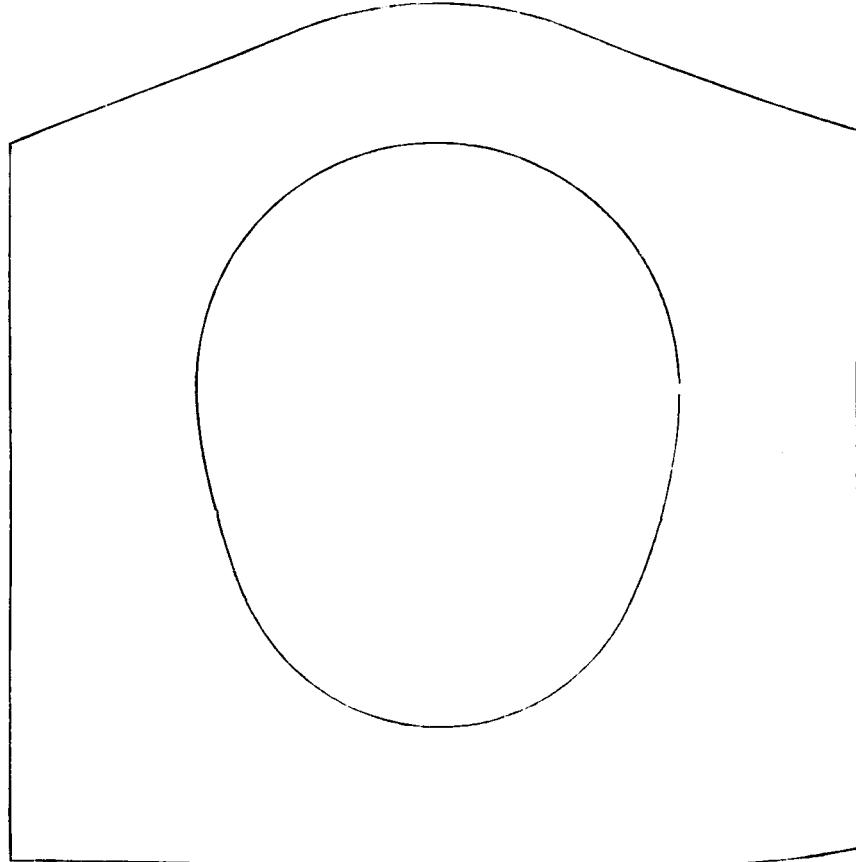
Man muss aus dieser Thatsache schliessen, dass der Urin die Cementmasse des Herrn J. Chailly nicht nur nicht angreift, sondern dass er sie geradezu verbessert.

Der Ober-Inspector:
Architekt
F. Wilhelm m. p.

Der Director des Hochbaues:
Architekt
W. Flattich m. p.

Natürlich muss der Apparat so eingerichtet sein, dass man die Einlage von Steinmasse machen kann in der Art,

Figur 17.



dass sie sich mit der dahinter liegenden Mauermaße zu einem Ganzen vereinigt.

Wenn irgendwo, so sind in einem Abzugscanal die Bedingungen für Erhärtung des Betons günstig, nämlich Feuchtigkeit und immer gleiche Temperatur; daher kommt es, dass selbst mangelhaft ausgeführte Betoncanäle sich merkwürdig gut erhalten, was durch nachfolgende Beobachtungen des städtischen Ingenieurs von Wien Herrn Berger beispielsweise erhärtet wird.

Probecanal aus Beton.

In der Zeit vom 14. bis 28. Juli 1873 wurde in der Fugbachgasse ein Canal aus Beton in einer Länge von 30° (56·9^m) von der österr. Betonbau-Gesellschaft (Alex. Paul) hergestellt; derselbe hat ein Gefälle von 1 : 200

eine Profilweite	„ 2' 8" (0·84 ^m),
„ Profilhöhe	„ 4' 0" (1·26 ^m) und
„ Wanddicke	„ 8" (0·21 ^m).

Die Tiefe des Einschnittes bis zur Sohle betrug 2° (3·79^m).

Angestellte Beobachtungen.

Am 7. October 1873. Zur Beurtheilung des Fortschrittes der Erhärtung wurde ein Stück aus der Canalwand herausgestemmt. Die Erhärtung ist so weit gediehen, dass man ganze Stücke ausmeisseln kann, die Festigkeit dieser Stücke ist aber keine ganz besondere und lassen sich dieselben ohne grossen Kraftaufwand zerdrücken.

Ein Fortschritt ist übrigens in der Erhärtung zu erkennen.

Die Cementschichte ist gut erhalten.

Am 6. December 1873. Die Erhärtung hat Fortschritte gemacht. Nach Messung des Canalaufsehers ist der Canal im Lichten hoch $3' 10\frac{1}{2}''$ ($1\cdot22^m$) und breit $2' 8\frac{1}{2}''$ ($0\cdot84^m$), es wäre also das Profil um $1\frac{1}{2}''$ (39^{mm}) niedriger und um $\frac{1}{2}''$ (13^{mm}) weiter geworden.

Am 10. Juli 1874. Es wurde versucht, ein Stück aus der Canalwand auszustemmen. Die Erhärtung ist aber so weit vorgeschritten, dass mit dem Stemmeisen nur kleine Stücke losgeschlagen werden konnten und überhaupt ist das Losstemmen nicht leicht zu effectuiren.

Die Cementschichte ist vollständig erhalten.

Der Canal ist genau gemessen $3' 10''$ ($1\cdot21^m$) hoch und $2' 8\frac{1}{2}''$ ($0\cdot86^m$) weit.

Am 22. November 1874. Der Canal wie vor im guten Stande.

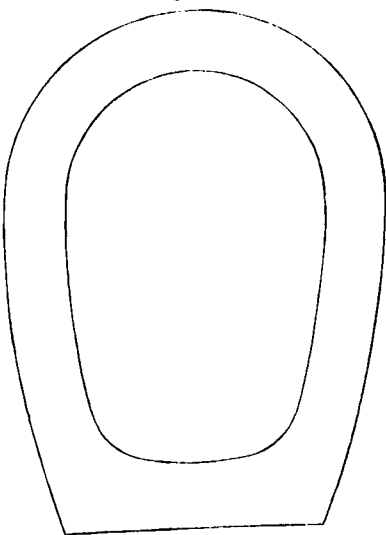
Am 21. Februar, 6. Juli und 24. October 1875. Der Canal wie vor im guten Stande.

Nach eingeholten Nachrichten und wie auch aus der Beobachtung vom 7. October 1873 hervorgeht, ist die Betonmasse längere Zeit nach Fertigung weich geblieben, ja es hat sogar eine bedeutende Verdrückung des Canals stattgefunden, wie die Beobachtung vom 6. December 1873 zeigt; und dennoch ist der Canal später steinhart geworden und die Verdrückung hat keinerlei Risse erzeugt; ein gewiss merkwürdiges Resultat, was hauptsächlich den günstigen Bedingungen zugeschrieben werden muss, in welchen der Beton sich hier befindet, nämlich stetige Feuchtigkeit und gleiche Temperatur. Die oberwähnte Verdrückung hat offenbar in Folge der Einschüttung des Grabens stattgefunden, welcher, obgleich sie wenig tief war, dennoch der weiche Beton nicht widerstehen konnte. Es dürfte noch zu bemerken sein, dass die Art und Weise wie Herr Paul seinen Beton machte, eine gute war, dass er sich aber vielleicht als Fremder in der Wahl seiner Materialien vergriff, da ihm die nöthige Localkenntniss abging. Merkwürdig ist auch, dass die Sohle des Canals bis heute keinerlei Abnutzung zeigt. Dieser Canal ist in Fig. 8 abgebildet.

Die Wiener Ziegelcanäle scheinen sich gegen die Abnutzung durch das Gerölle gerade nicht sonderlich gut zu halten, denn es werden jedes Jahr für Reparaturen bedeutende Summen ausgegeben; auch werden die inneren Ringe der Sohle nicht, wie man erwarten sollte, von keilförmigen Formziegeln, sondern von gewöhnlichen parallelepipedischen Ziegeln hergestellt, damit sie bei Reparaturen leichter herausgenommen werden können.

Wahrscheinlich ist es, dass auch durch die Räumung selbst mittelst Werkzeugen die Canalsohlen beschädigt werden.

Figur 8.



IV. Capitel.

Abflusskraft und Schwemmkraft der Canäle.

Die Canäle müssen die in sie bestimmten Flüssigkeitsmengen fassen und mit möglichster Geschwindigkeit abführen.

Die per Secunde abzuführende Flüssigkeitsmenge heisst die Abflusskraft des Canals. Die Geschwindigkeit muss aus zwei Gründen so viel als möglich vergrößert werden:

- a) weil, je grösser die Geschwindigkeit ist, desto kleiner der Querschnitt zu sein braucht und die Canäle desto billiger werden;
- b) damit die unreinen Stoffe so schnell als möglich, und ehe sie in Fäulniss übergehen, unschädlich gemacht werden, sowie um auch den in die Canäle kommenden Sand, Schotter u. dgl. fortspülen zu können.

Ueber die Geschwindigkeit in Canälen kann man folgende Rechnung anstellen.

Es sei J das Gefälle des Canals, P der Querschnitt des Wassers, U der benetzte Umfang, so wird die durch das Gefälle und Gewicht des Wassers hervorgebrachte bewegende Kraft dem Wasser eine Beschleunigung mittheilen, die schliesslich durch die mit der Geschwindigkeit wachsenden Reibungswiderstände aufgehoben wird, bis endlich sich das Wasser im Canal mit der Geschwindigkeit V gleichförmig bewegt.

Ein Wasserkörper von der Länge l wird mit der bewegenden Kraft $P \cdot l \cdot \gamma \cdot J$ vorwärtsgetrieben, wo γ die Dichtigkeit der Flüssigkeit ist. Diese beschleunigende Kraft wird durch die Reibungswiderstände aufgehoben. Eine Fläche F normal zum Wasserlauf erleidet vom Wasser einen Druck gleich $\frac{V^2}{g} \cdot F \cdot \gamma$ und ebenso grossen Widerstand setzt dieselbe Fläche dem Wasserlauf entgegen. Der Widerstand im Canal entspricht nun einer wellenförmigen Oberfläche, welche der benetzten Fläche des in Rede stehenden Wasserkörpers $U \cdot l$ und der Rauheit proportional ist, demnach, wenn α gleichsam die Höhe der Unebenheiten vorstellt,

$$F = U \cdot l \cdot \alpha.$$

Man hat also die Gleichung

$$P \cdot l \cdot \gamma \cdot J = \frac{V^2}{g} \cdot \gamma \cdot U \cdot l \cdot \alpha,$$

hieraus

$$V = \sqrt{\frac{g}{\alpha} \frac{P}{U} J} = \sqrt{\frac{g}{\alpha}} \sqrt{\frac{P}{U} J};$$

$$\text{für } \alpha = 1^{mm} \text{ wird } \sqrt{\frac{g}{\alpha}} = 100,$$

$\alpha = 2^{mm}$	$\alpha = 3^{mm}$	$\alpha = 4^{mm}$
70,	57,	50.

Dieser letztere Werth von $\sqrt{\frac{g}{\alpha}}$ gibt die Eytelweinsche Formel

$$V = 50 \cdot 93 \sqrt{\frac{P}{U} J} = 50 \cdot 93 \sqrt{R J} \dots (XXI),$$

woraus man schliessen könnte, dass Eytelwein die Versuche, auf welche er seine Formel stützte, in einem Canal machte, dessen Wände Unebenheiten von 4^{mm} hatten.

Ohne hierauf besonderen Werth zu legen, ergibt sich doch aus obigem Rechnungsgange, das der Rauheits-Coëfficient α in der Formel für die Geschwindigkeit eine Rolle spielen muss, und auch ohne alle Rechnung scheint es doch sehr wahrscheinlich, dass das Wasser in einem Canal mit rauhen Oberflächen unter sonst gleichen Umständen langsamer fliessen müsse als in einem Canal mit glatten Seitenwänden.

Unbegreiflicher Weise nahm man aber sehr lange Zeit an, dass die Beschaffenheit der Wände keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit des Wassers habe, eben nach dem Eytelwein'schen Vorgang, in dessen Formel eben auch diese Beschaffenheit nicht berücksichtigt ist.

Erst dem französischen Ingenieur Bazin war es vorbehalten, durch eine Reihe von Versuchen, welche er 1865 veröffentlichte, zu beweisen, dass die Beschaffenheit der Oberfläche einen sehr grossen Einfluss auf die Geschwindigkeit hat.

Die Resultate finden sich im Jahrgang 1873 der allgemeinen Förster'schen Bauzeitung in einem diesbezüglichen Aufsätze von Kutter zusammengestellt.

Es waren z. B. die Geschwindigkeiten unter sonst gleichen Umständen in Wänden von glattem Cement 2.397^m von ungehobelten Brettern 2.045^m
 „ Ziegelmauerwerk 1.874^m
 „ Kies von 0.01^m—0.02^m 1.380^m
 „ „ „ 0.03^m—0.05^m 1.086^m

Herr Kutter hat auch mit Berücksichtigung der verschiedenen angestellten Versuche hierüber für die Geschwindigkeit des Wassers in Canälen eine andere Formel aufgestellt, welche sich auch an die Versuche von Bazin ziemlich gut anschliesst, nämlich:

$$V = \frac{23 + \frac{0.00155}{J} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \sqrt{RJ} \text{ in Meter . (XXII)}$$

wo $R = \frac{P}{U}$ der mittlere Radius genannt wird.

Der Coëfficient n ist gleich

für glatten Cement 0.01
 „ Verputz aus Cement und Sand 0.012
 „ reines Ziegelgemäuer und fein behauene Quader
 mit ausgestrichenen Fugen 0.013
 „ rauhes Ziegel- und Bruchsteingemäuer 0.017

Rechnet man beispielsweise die Geschwindigkeit in einem kreisförmigen Canal von 1^m Durchmesser, bei halber oder ganzer Füllung, für welche R dasselbe ist, nämlich:

$$\frac{P}{U} = R = \frac{\pi \cdot 0.5^2}{\pi} = 0.25,$$

so ergeben sich die Geschwindigkeiten bei Gefällen von 0.01, 0.0025 und 0.00155 aus folgender Tabelle:

Gefälle	Geschwindigkeiten nach		
	Eytelwein	Kutter, Ziegel	Kutter, Cement
0.01	2.6	3.1	4.2
0.0025	1.27	1.55	2.1
0.00155	1.0	1.18	1.59

Ein Canal nach Eytelwein, der bei 0.01 Gefäll so viel leistet als der mit 1^m Durchmesser bei glattem Cement, müsste 1.23^m Durchmesser haben, und einer, der bei 0.0025 Gefäll so viel leistet, als der mit 1^m Durchmesser bei glattem Cement, müsste 1.21^m Durchmesser haben, also circa um $\frac{1}{4}$ grösser sein, oder der Fläche nach um circa $\frac{1}{2}$ mal grösser, die Kosten werden sich also um 50% mehr belaufen.

Man sieht, welche bedeutende Kosten man sich ersparen kann, durch eine richtige Berechnung der Geschwindigkeit und durch eine möglichste Steigerung derselben durch eine glatte innere Fläche.

Es fragt sich nun, wie erreicht man die möglichst glatte Oberfläche? Durch einen Verputz nicht, weil derselbe, von der Hand aufgetragen, immer Unebenheiten haben wird und, mit einer Latte oder dem Reibebrette bearbeitet, ziehen sich die Sandkörner an die Oberfläche, dies Alles umsomehr, weil man in der Tiefe, wo die Canäle gewöhnlich ausgeführt werden, und wo das Licht noch durch Pölung zurückgehalten wird, ohnedies nicht sieht, oder wenn man erst den schon gemauerten Canal putzen will, man dies bei Kerzen- oder Lampenlicht und in gebückter Stellung thun muss.

Jede Handarbeit bietet unter solchen Umständen gar keine Gewähr für eine glatte und richtige innere Fläche des Canals und kann dies nur mittelst Schablonen-Arbeit erreicht werden.

Verfasser benützt hiezu feste eiserne Schalung aussen abgedreht oder abgehobelt und wird die Masse gegen diese Schalung fest eingetrieben und gestampft; die Schalung ist so eingerichtet, dass nach Fertigung des betreffenden Canalstückes sie sich leicht ohne Zwang lösen lässt und den Canal eben so glatt hinterlässt als die Schalung war.

Hiebei ist man von der Handgeschicklichkeit der Arbeiter ziemlich unabhängig, wenn auch nicht von deren Pünctlichkeit.

Betoncanäle innen noch zu verputzen, ist nicht das richtige Verfahren, indem einmal der Putz nicht so glatt und regelmässig wird, wie ein richtig gegen Schalung eingestampfter Beton und dann auch, weil der Putz durch das Geröll u. s. w. sich wieder loslösen kann.

Eine weitere Bedingung für den möglichst raschen Ablauf der Flüssigkeit ist aber nicht nur die Glätte, sondern auch die absolut richtige Einhaltung des Nivellements; die Sohle muss eine mathematisch gerade Linie sein, besonders bei Canälen mit schwachem Gefälle.

Zu diesem Zwecke steckt die eiserne Schalung gegen Ort in einem soliden eisernen Ring, welcher bei jeder Stellung einvisirt, resp. einnivellirt wird, ein kleiner Theil der Schalung greift aber in das fertige Canalstück und so kann die Sohlenlinie nicht anders als richtig werden.

Sieht man sich die Formeln für die Geschwindigkeit an, so ergibt sich, dass dieselbe mit R , d. h. mit dem Verhältniss des Wasserquerschnittes zum benetzten Umfang wächst. Dieses Verhältniss ist für Voll- und Halbkreise am günstigsten; und wird man die Kreisform wählen, wenn blos die Rücksicht zu nehmen ist, mit dem möglich kleinsten und billigsten Canal eine gewisse Wassermenge fortzuschaffen.

Dies ist aber häufig nicht die einzige Rücksicht, sondern es ist oft eben so wichtig, der kleinsten überhaupt im Canal vorkommenden Wassermenge noch die grösstmögliche Abfluss- und Schwemmkraft zu ertheilen, weil gerade bei den kleinsten Wassermengen am ehesten der Unrath und Sand etc. sich absetzen.

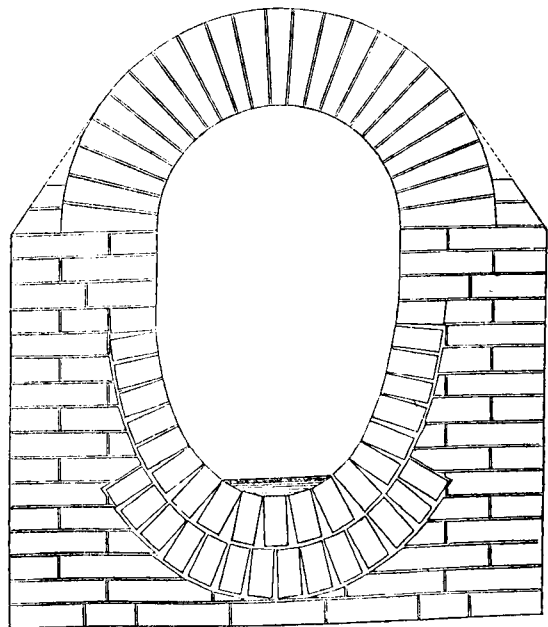
Diese Abflusskraft für kleinste Wassermengen kann nur durch eine kreisförmige Sohle erreicht werden, deren Halbkreis die kleinste Wassermenge fasst.

Diese untere Spitze wird entweder in den grossen Kreis eingeschnitten oder stetig mit demselben verbunden, wodurch die Eiform entsteht. (Fig. 9 und 10.)

Letztere Form verdankt aber in den meisten Fällen ihre Entstehung auch noch dem Umstande, dass eine Menge von Canälen viel grösser gemacht wird, als sie wegen der aufzunehmenden Flüssigkeit sein müssten, lediglich aus dem Grunde, um sie begehen und reinigen zu können.

Zu diesem Zweck kann die Höhe nicht wohl unter 1.1^m , die Weite nicht unter 0.60^m gemacht werden. Bei Ziegeln ist es schwierig, kleine Kreise von diversen Dimensionen herzustellen, man würde vielerlei Formsteine hiezu brauchen; in Wien werden die Sohlen nicht aus Formsteinen, sondern aus ganz gewöhnlichen Ziegeln gemacht, wie man sagt, damit sie bei Reparaturen leichter herauszunehmen seien; dass damit keine sehr genaue Oberfläche hergestellt werden kann, dürfte aus der Zeichnung (Fig. 11) hervorgehen, und umso weniger, je kleiner der Kreis ist. Die

Figur 11.



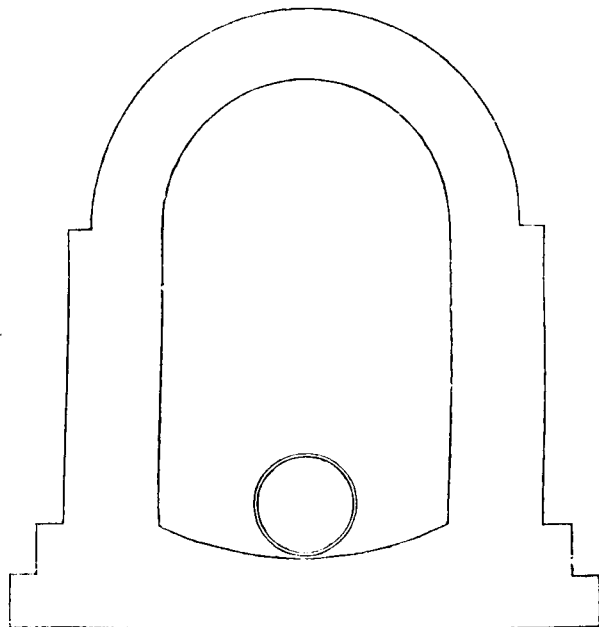
städtischen Normalprofile vermeiden deshalb auch zu scharfe Spitzen. Was aber dies für einen Einfluss auf die Schwemm-

kraft bei geringem Wasserstand hat, zeigen Erfahrung und Rechnung.

Um den Einfluss der Canalverengung auf die Geschwindigkeit und die Schwemmkraft der Flüssigkeit nachzuweisen, machte der englische Gesundheitsrath folgenden Versuch.

Durch eine Abschlussmauer in einem grösseren Canal wurde ein Rohr gesteckt, durch welches alles durchging, was bis jetzt im grossen Canale lief. (Fig. 12.)

Figur 12.



Die Geschwindigkeit war hiebei $4\frac{1}{2}$ mal so gross als im gemauerten Canal. Die Kraft des Stromes ist proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit, also wurde die wegräumende Kraft zwanzigfach.

Das Rohr blieb rein, Steine hörte man bei starkem Regen durchrollen; der Strom genügte noch zur Reinhaltung des alten Canals auf $12'$ (7^m) Länge; von da fingen an grössere Stücke Ziegel und Schotter sich abzusetzen, welches Deposit immer mehr und kleiner wurde, später Schlamm von einigen Centimeter Höhe. Die alte Canalsohle war stets gefüllt mit festen Stoffen, welche durch Schwemmung von Zeit zu Zeit entfernt wurden. Man liess auch express eine Partie Sand, Bauschutt, Koth etc. durch die Röhre laufen, welches vollständig durchging, ohne etwas in der Röhre zurückzulassen.

Um den Einfluss der mehr oder weniger scharfen Spitze auf die Geschwindigkeit in den Canälen durch Rechnung zu zeigen, ist die Geschwindigkeit nach der Kutter'schen Formel im Betoncanal (Fig. 5) für Gefälle von 0.0025^m und 0.01^m und für einen Wasser-Querschnitt von 0.0051^m , benetzter Umfang von 0.19^m berechnet und gefunden gleich 0.4^m und 0.8^m , und nun hat man sich die Aufgabe gestellt, die Geschwindigkeit im Ziegelcanal für dieselbe secundliche Wassermenge zu erfahren.

Man kann P als Function des Centriwinkels auffassen, ebenso U , also auch R , und erhält dann V ebenfalls als Function des Centriwinkels, folglich auch das Product PV , welches bekannt ist; aus dieser Gleichung könnte der Centriwinkel und damit der Wasser-Querschnitt im Ziegelcanal gefunden werden.

Da aber die betreffende Gleichung den Centriwinkel an sich und auch eine trigonometrische Function desselben enthält und überhaupt höherer Ordnung ist, so lässt sie sich nicht auflösen, und ist man auf versuchsweise Auflösung angewiesen.

Diese Versuche haben ergeben:

Für Gefälle eine Geschwindigkeit

von 0·01 im Ziegelcanal von 0·6^m im Betoncanal von 0·8^m

" 0·0025 " " " " 0·3^m " " " " 0·4^m

Alles, was eine Geschwindigkeit der Canäle befördert, vergrößert zugleich ihre Schwemmkraft, d. h. die Fähigkeit die festen Unrathstoffe, aber auch Sand und Schotter fortbewegen zu können.

Die Geschwindigkeit, welche nöthig ist, einen Steinwürfel von der Seite a fortzutragen, lässt sich folgendermaassen berechnen.

Der Würfel leistet Widerstand durch seine Reibung am Boden, welche ausgedrückt ist durch $f a^3 k$, wo f der Reibungs-Coefficient, k die Dichtigkeit des Steines ist; dieser Würfel bietet aber dem Wasser eine Stossfläche von a^2 dar;

die Stosskraft ist also $a^2 \frac{V^2}{g} \cdot \gamma$; worin γ die Dichtigkeit des Wassers und $g = 9·81^m$ ist.

Man hat also

$$f a^3 k = a^2 \frac{V^2}{g} \cdot \gamma.$$

Die Reibung muss hier sehr gross angenommen werden, da der Unrath, feiner Sand etc. eine Art Klebstoff bildet; nehmen wir deshalb $f = 1$ und $k = 2·5 \gamma$; so erhalten wir:

$$2·5 a = \frac{V^2}{g}; V^2 = 2·5 a \cdot g \dots (XXIII)$$

ungefähr

$$V = 5 \sqrt{a},$$

ein Resultat, welches Herr Kutter auf anderem Wege ebenfalls fand, und welches mit angestellten Versuchen genau genug übereinstimmt.

Nach Versuchen von Bazalgette, dem Erbauer eines Theiles der Londoner Unrathscanäle ergaben sich folgende Geschwindigkeiten:

bei $\frac{1}{4}'$ (0·076^m) wird weggeschwemmt feiner Thon,

" $\frac{1}{2}'$ (0·152^m) " " Sand,

" $\frac{2}{3}'$ (0·204^m) " " Sand wie Leinsamen,

" 1' (0·305^m) " " feiner Kies,

" 2' (0·610^m) " " zollgrosse abgerundete Kiesel,

" 3' (0·914^m) " " Bruchstein von Eigrösse.

Nach der Formel XXIII ergibt sich aber zur Wegschwemmung von Körpern von der Grösse:

$a = 0·001^m$ eine erforderliche Geschwindigkeit von 0·15^m

" $= 0·005^m$ " " " " 0·35^m

" $= 0·01^m$ " " " " 0·5^m

" $= 0·02^m$ " " " " 0·7^m

" $= 0·03^m$ " " " " 0·85^m

" $= 0·04^m$ " " " " 1·00^m

" $= 0·05^m$ " " " " 1·11^m

welche Tabelle mit den Bazalgette'schen Versuchen so ziemlich übereinstimmt.

Sind im Vorhergehenden die Mittel besprochen worden, um die Geschwindigkeit in den Canälen möglichst zu befördern, so handelt es sich zunächst darum, ihren Querschnitt überhaupt so gross zu machen, dass bei der vorhandenen, resp. zu erreichenden Geschwindigkeit die Flüssigkeitsmassen abgeführt werden können, und man muss zu diesem Zwecke vor allem letztere kennen lernen.

Man rechnet bei einer reichlichen Wasserversorgung per Kopf und Tag 0·075^m Küchenwasser (in Wien wird anstatt 75 Liter nur 33·96 zu Grunde gelegt) und eben so viel Fäcalien und Spülungswasser der Closets, hievon läuft die Hälfte in 6 Stunden, die andere Hälfte in den übrigen 18 Stunden ab.

Für Berechnung von Hauscanälen müsste übrigens das zwei- bis dreifache hievon genommen werden, um sich für ausserordentliche Zuflüsse zu sichern und überhaupt darf kein kleinerer Querschnitt als 0·15^m Durchmesser angewandt werden, weil die Erfahrung in England gezeigt hat, dass noch kleinere sich verstopfen.

Die zur Aufnahme des Regenwassers bestimmten Canäle müssen auch den grössten vorkommenden Regen durchlassen.

Die grösste bis jetzt beobachtete Regenhöhe per Stunde ist 0·04^m, davon gelangen auf gepflastertem kleinen Terrain 70% in die Canäle; je ausgedehnter das Terrain, je aufnahmefähiger und coupirter der Boden, desto mehr verzögert sich der Ablauf, so dass in günstigen Fällen nur 20% in derselben Zeit in die Canäle kommen; häufig werden nur 0·02^m als Maximalregenfall angenommen, da man für sehr selten vorkommende noch stärkere Regen, die dann schon in die Kategorie der Wolkenbrücke gehören, sich lieber einem Schaden an den Canälen aussetzt, als gleich vom Anfang an die Baukosten ungebührlich vergrößert.

Die Regenmenge bestimmt sich sonach aus der Fläche des Niederschlagsgebietes, sowie aus seiner Grösse und Beschaffenheit.

Zur Beförderung der Geschwindigkeit in den Canälen trägt natürlich in erster Linie das Gefäll wesentlich bei; man muss also suchen, das vorhandene natürliche Gefäll möglichst auszunützen.

Dabei soll jedoch der Scheitel der Canäle nie weniger als 0·6^m unter die Strassenhöhe zu liegen kommen.

Ferner muss in den höher gelegenen Stadttheilen das Gefäll möglichst gespart werden, um in den unteren noch ein solches zur Verfügung zu haben.

Es bilden aber die hier zu entwässernden Terrains natürliche Abtheilungen, wovon jede als systemisirtes Ganzes in den Bach oder Fluss abgeleitet werden muss; diese von der Natur gegebenen Parzellen stimmen aber gar nicht mit den politischen Gemeindegrenzen zusammen, und es ist daher nicht gut, dass die Canalisation Sache der betreffenden Gemeinden ist.

Denn, indem jede Gemeinde nur für sich arbeitet, erwachsen für jede viel höhere Kosten, als wenn die von der Natur angezeigten Terrains nach einem gemeinsamen Plan entwässert würden, ganz abgesehen davon, dass bei der Arbeit nach politischen Gemeindegrenzen Streitigkeiten

mit den Nachbargemeinden nicht zu vermeiden sind. Beispiele hierfür dürften die Vororte Wiens genug darbieten.

Jedoch sind unsere Gemeinden überhaupt noch lange nicht so weit, um auch nur auf ihrem eigenen Terrain das möglichst Beste auszuführen; denn die Querschnittsbestimmungen der Canäle werden nicht immer nach dem Niederschlagsgebiet wissenschaftlich bestimmt, sondern manchmal ganz empirisch, so dass sie häufig zu klein, noch viel häufiger zu gross sind. Aber nicht nur in Landgemeinden findet dies statt, sondern es gibt auch z. B. eine Stadtgemeinde von über 30000 Einwohnern, wo das Stadtbauamt einen Canalisierungsplan ausgearbeitet hat, in welchem die Canäle sämtliche schlüpfbar und nach ihrer Grösse in vier Kategorien eingetheilt sind, und wo man ganz willkürlich, nachdem einige Canäle kleinster Gattung sich vereinigt haben, daraus einen Canal der nächst grösseren Gattung machte u. s. w.

Bei einer Nachrechnung stellte sich heraus, dass diese Canäle grösserer Gattung beinahe sämtlich zu gross und mit dem kleinsten Profil noch hinreichend aufnahmefähig wären, dass ferner von den zwei Sammelcanälen der eine zu klein, der andere zu gross ist.

Sehr häufig werden auch in kleineren Gemeinden einzelne Strassencanäle gebaut, ohne allen Plan bezüglich des Anschlusses an später zu erbauende, so dass man oft für letztere kein Gefäll mehr herausbringt, während der erstgebaute davon schon viel zu viel verzehrt hat. Grössere Umbauten aus diesem Grund sind nichts Seltenes.

In dieser Sache thut wirklich ein Einschreiten noth und der österreichische Ingenieur- und Architekten-Verein könnte sich ein Verdienst erwerben, wenn er darauf hinwirken wollte, dass fortan Canalisierungen nur nach einheitlichen wissenschaftlich durchgebildeten Plänen gebaut werden dürfen, und dass Nachbargemeinden sich hiezu soweit zu vereinigen haben, als sie zusammen ein von der Natur gegebenes einheitliches Entwässerungsterrain bilden.

Viele Millionen unnütz hinausgeworfenen Geldes könnten hiedurch den Gemeinden erspart werden.

V. Capitel.

Weitere Constructionen, Ausführung und Kosten der Canäle.

Es sind im Vorstehenden in der Hauptsache nur zwei Constructionen von Abzugscanälen in Betracht gezogen worden, nämlich solche von Ziegeln, als die bis jetzt noch am häufigsten vorkommende, und solche von Beton, welche als Construction der Zukunft hinzustellen ist. Bei letzterer ist vorausgesetzt worden, dass die Masse am Ort selbst in den Grund eingestampft wird. Es wären nun noch einige ebenfalls vorkommende abweichende Constructionen zu erwähnen. Hierher gehört diejenige aus behauenen Quadersteinen, welche wohl nur bei sehr billigem Preis dieser letzteren vorkommt, z. B. in Frankfurt am Main, und die aus Steinen aus Cementmasse.

Diese letztere Methode steht in ihrem Werth ganz auf der Stufe der Canäle aus natürlichen Hausteinen und

nicht auf der Stufe von in den Grund eingestampften Betoncanälen. Zwischen Canälen aus natürlichen Quadern und solchen aus Quadern von Cementmasse ist kein Unterschied, als der des Quadermaterials. Die künstlichen Steine werden beinahe in allen Fällen billiger sein als die natürlichen; und wenn sie gut gemacht sind, werden sie an Festigkeit und an Undurchdringlichkeit den besten Natursteinen nicht nachstehen. Solche Canäle aus Quadern, seien es natürliche oder künstliche, haben so ziemlich alle Nachtheile der Ziegelcanäle; denjenigen der mangelhaften Auflage auf den Grund sogar in verstärktem Maasse, denn, entweder werden die grössen Stücke fest in den Grund eingetrieben, alsdann werden sie aber nicht genau im Niveau liegen, oder man legt sie genau in's Niveau, dann liegen sie ungleichmässig auf und werden sich später setzen.

Dieser Uebelstand liesse sich nur dadurch vermindern, dass man ein Betonfundament mit genau abgeglicherer Oberfläche legt und hierauf die Sohlenquader versetzt, welche ihrerseits mit genauem unteren Lager versehen sein müssten.

Wird diese Vorsicht gebraucht, dann werden solche Steincanäle, wenn der Stein glatt gearbeitet ist, vor den Ziegelcanälen den Vorzug grösserer Glätte und Regelmässigkeit, also damit auch den grösseren Abfluss- und Schwemmkraft haben. Sind die Steine nur an sich wasserdicht, so ist es auch leichter, mit den grossen Steinen die Wasserdichtigkeit des Canals zu erreichen, als mit den kleinen Ziegeln.

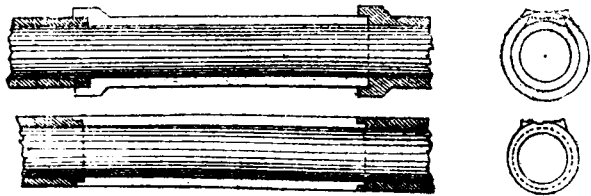
Bei tiefen Lagen der Canäle machen aber grosse Quaderstücke jedenfalls bedeutende Schwierigkeiten bei dem Versetzen.

Es ist schon oben nachgewiesen worden, dass für eiförmige schlüpfbare Canäle von kleineren Dimensionen Ziegelmauern eine grössere Dicke erhalten müssen, als Betonmauern; diese Differenz verschwindet aber um so mehr, je grösser die Canäle werden und es bleibt für grosse Canäle zwischen beiden Constructionen nur mehr der Unterschied, dass bei Ziegeln die rechteckige untere Ausmauerung der Zwickel meistens nicht erspart werden kann, wie bei der Betonconstruction. Wenn sonach die Kostendifferenz zu Gunsten der Betoncanäle mit der Grösse derselben abnimmt, so nimmt sie umgekehrt mit der Kleinheit zu.

Röhrencanäle, d. h. solche, die nicht mehr begangen werden können, werden für Ausführung in Ziegeln schon sehr schwierig, wo nicht unmöglich, wenn genaue Einhaltung der Form zur Bedingung gemacht wird. Es werden deshalb die Röhren auch beinahe nirgends in Ziegeln ausgeführt. In England, wo diese Art der Canalisation am verbreitetsten ist, bedient man sich hiezu glasierter Thonröhren, deren Fabrication dort eine grosse Vollkommenheit erreicht hat. Auf dem Continent macht man die Röhren ebenso häufig aus Cementsteinmasse, welche bei richtiger Fabrication eine beinahe ebenso glatte innere Oberfläche erhalten können, wie der glasierte Thon, welche aber die etwaige Minderglätte durch grössere Regelmässigkeit der Form wieder ausgleichen. Die Thonröhren theilen nämlich das Schicksal aller Thonwaaren, bei dem Brennen ihre Form mehr oder weniger zu ändern, was bei den auf kaltem

Wege hergestellten Cementsteinröhren nicht der Fall ist; auch können letztere aus grösseren Stücken erzeugt werden. Es ist gut wegen der besseren Auflage den Röhren eine gerade Sohle zu geben. (Fig. 13.)

Figur 13.



Dass diese Röhren pünktlich und sorgfältig gelegt werden müssen, versteht sich wohl von selbst, eine Beschäftigung der Arbeiter im Accord ist hiebei zu vermeiden; eine Betonunterlage unter den Röhren sichert gegen Einsinken einzelner Stellen in den Grund und somit gegen Störungen des Gefälls.

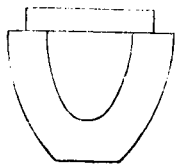
Die Arbeiter dürfen nicht auf den gelegten Röhren gehen und stehen.

Vorstehende Muffen sind zu vermeiden wegen ungleicher Auflage und Hohlliegen der Röhren und Zerbrechen derselben. Es muss also die halbe Rohrdicke schon der Last widerstehen. (Fig. 13.)

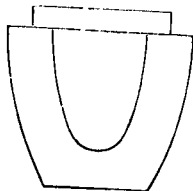
Durch ein dem Verfasser patentirtes Verfahren ist es jedoch möglich, auch die kleinsten Röhren aus Beton (sowohl in Mauer- als in Steinmasse) an Ort und Stelle herzustellen; die Kosten sind auf keinen Fall höher als die verlegter Röhren. Es haben aber die an Ort und Stelle gemachten Röhren den Vorzug der sicheren Lagerung im Grunde; dagegen geht allerdings die Arbeit etwas langsamer, als das Legen der fertigen Röhren.

Für kleine Canäle empfiehlt sich auch die halbrunde Gestalt mit geraden Deckeln. (Fig. 14 und 15.) Der Canal selbst kann sehr leicht im Grund hergestellt werden, worauf er mit den fertigen Deckeln bedeckt wird. Diese Con-

Figur 14.



Figur 15.



struction bietet zugleich denjenigen einige Beruhigung, welche an die Selbstspülung der Röhren nicht glauben können; es ist nämlich immerhin einfacher und billiger, in Verstopfungsfällen nur die Deckel aufheben und wiederlegen, als Röhren zerstören und durch neue ersetzen zu müssen.

Für den Fall der Ueberfüllung der Canäle bei starken Regengüssen sind oben die Nothauslässe als Aushilfsmittel bezeichnet worden.

Die Sohle des Nothauslasses kann mit dem Canalscheitel gleich hoch, etwas tiefer oder auch etwas höher liegen; im letzteren Falle entsteht ein kleiner hydrostatischer Druck im Canal von innen nach aussen und es kommt auf die Bauart der Canäle an, ob sie diesen Druck aushalten.

Als Sicherheit gegen die Canäle für den Fall der Ueberfüllung könnten auch die verschiedenen Schächte, hauptsächlich diejenigen für Einlass des Strassenwassers,

gelten, wo dann der Wassertüberfluss sich durch die Schächte auf die Strasse ergiesst; hiebei kann aber bei ziemlicher Tiefenlage der Canäle ein bedeutenderer hydrostatischer Druck von innen nach aussen entstehen, welcher denselben gefährlich werden kann; man könnte zwar die Gewölbe der Canäle porös machen, um den Druck anstatt auf das Gewölbe auf die dahinter liegende Erde wirken zu lassen; sowohl diese Construction als die Nothauslässe sind eine Abweichung vom Princip, nämlich den Canalinhalt abzuführen, ohne dass er mit dem umgebenden Erdreich in Berührung kommt; man tröstet sich über diese Abweichung damit, dass die Unrathstoffe durch die grossen Regengüsse ausserordentlich verdünnt und somit wenig schädlich seien.

Das Gewölbe ist überhaupt der am wenigst empfindliche Theil eines Abzugscanals. Von ihm muss eigentlich nur die nöthige Tragfähigkeit verlangt werden; genaue Einhaltung der Form, welche für die Sohle so wichtig ist, hat bei dem Gewölbe gar keinen Werth, ausgenommen allerdings den Fall, dass die Canalröhre voll läuft, ein Fall, der eben nicht vorkommen soll. Es entsteht weiters die Frage, braucht das Gewölbe wasserdicht zu sein; dass Durchlässigkeit das Gewölbe vor Zerdrücken von innen nach aussen mittelst Ueberfüllung bewahrt, ist so eben erwähnt worden. Hier wäre also die Durchlässigkeit des Gewölbes eher ein Vortheil; wo überhaupt ein hydrostatischer Druck von innen nach aussen vorkommen kann, hat die Wasserdichtigkeit ohnehin keinen Werth, weil dieser Druck das Gewölbe trotz wasserdichter Mauerung wo nicht abheben, doch lockern kann; denn die absolute Festigkeit des Mörtels wird schwerlich hiegegen ein wirksames Hinderniss bilden. Es wird also für solche Fälle ein poröses Gewölbe immerhin ein nützliches Sicherheitsventil sein; dies gilt auch von Canälen im Bereich des Hochwassers eines Flusses. Da nun poröse Gewölbe gegenüber wasserdichten bedeutend billiger sind, so fragt es sich, ob man sich diesen ökonomischen Vortheil nicht unter allen Umständen verschaffen soll.

Der Verfasser glaubt diese Frage bejahen zu sollen, indem ein Wasserstand bis an's Gewölbe eben auch nur bei Hochwasser oder starken Regengüssen vorkommen kann, wo das etwa in's Erdreich übertretende Wasser beinahe rein sein wird.

Die Verfertigung eines durchlässigen Gewölbes in Ziegeln hat natürlich nicht die mindeste Schwierigkeit, man darf die Maurer nur im Accord arbeiten lassen; in Beton wird es durch ein Bindemittel ärmeres Mischungsverhältniss ebenfalls leicht erreicht; im einen Falle spart man am Arbeitslohn, im andern an Material; nicht ausser Acht zu lassen ist aber der Umstand, dass das Betongewölbe einem durchlässigen Sandstein mit vielen aber engen Poren gleicht, das Ziegelgewölbe aber grosse Oeffnungen hat, durch welche das anliegende Erdreich in den Canal gespült werden kann. Die Fortschaffung desselben im Canal verzehrt unnütz einen Theil der Schwemmkraft, andererseits entstehen hinter der Mauerung hohle Räume, welche zu Erdstürzen Veranlassung geben und hiedurch die Stabilität des Canals beeinträchtigen können.

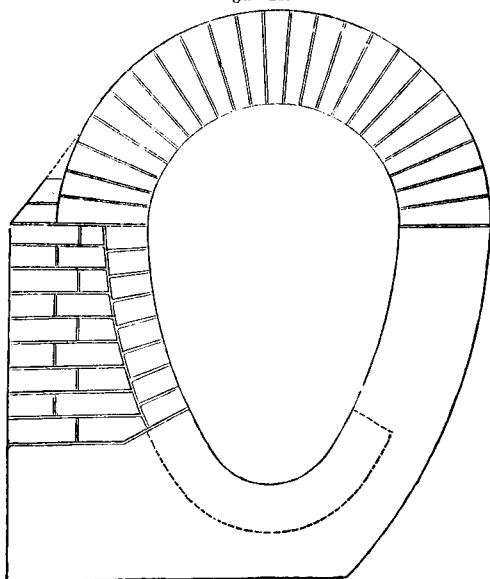
Dem Zerplatzen durch inneren hydrostatischen Druck sind die gemauerten Canäle mehr ausgesetzt, als die gegen

den Grund betonirten, weil bei ersteren die Seitenmauern freistehen.

Wenn sich auch im seitherigen Verlauf dieser Abhandlung herausgestellt hat, dass als Baumaterial für Abzugscanäle Beton allen andern in vieler Beziehung vorzuziehen ist, so ist doch der Verfasser weit entfernt, hieraus ein Dogma machen zu wollen. Bereits ist angeführt worden, dass die Nachteile der Ziegelcanäle mit ihrer Grösse abnehmen und dass für Röhren der glasirte Thon ein vortreffliches Material ist; für die Canalgewölbe und überhaupt für die oberen Partien der Canäle können ohne Nachtheil Ziegel, ja sogar Bruchsteine angewandt werden, da die meiste Sorgfalt immer nur der Canalsohle zugewenden werden muss.

So entstehen die Profile (Fig. 16), in welchen nur ein mehr oder minder grosses Stück der Sohle aus Beton, das

Figur 16.



übrige aus Ziegel oder Bruchstein gemacht sein kann. Eine ähnliche Zusammensetzung wird man auch für Ausführungen in Stollen anzuwenden haben, da die Ausführung in Beton mit Ausnahme der Sohle hier viel schwieriger wäre als die in Ziegeln.

Wenn ein alter Canal wegen flacher und unrichtiger Sohle seinen Dienst nicht mehr thun will, so ist es nicht immer nöthig, denselben ganz zu entfernen und einen neuen zu bauen; im Gegentheil braucht man nur die Sohle umzubauen und kann sich zum wenigsten den Abbruch des alten Canals, die theuere Erdarbeit und die Verkehrshemmung ersparen.

Wo man während eines Canalbaues mit Wasserzudrang zu kämpfen hat, empfiehlt sich die Inangriffnahme vom tiefsten Punkte an, weil man dann das Wasser stets durch den Canal ablaufen lassen kann, noch besser scheint die Construction (Fig. 9), wo man unter dem Canal eine Sickerdohle zum Abfluss des andringenden Wassers anlegte. Für den Unternehmer mag dies sehr bequem sein; für die Dauer des Objectes scheint es dem Verfasser aber gefährlich, indem durch den Wasserlauf nach und nach der Grund weggewaschen wird, auf dem der Canal steht.

Sicherer ist es, das Wasser auszuschöpfen, wenn möglich in den fertigen Canal, andernfalls auf die Strassenoberfläche, und in der trocken gelegten Baugrube zu arbeiten.

Sollte aber das Wasser so schnell zudringen, dass es das frisch gemachte Sohlenstück überschwemmt, ehe dasselbe wenigstens so fest geworden ist, dass es nicht mehr durch Wasser angegriffen wird, so ist die Betonsohle überhaupt nicht mehr möglich und man hat dieselbe als dann aus Ziegeln mit rasch bindendem Mörtel herzustellen, besser aber so, dass man ein Betonfundament mit rasch bindendem Material anlegt und darauf Sohlenstücke aus natürlichen oder künstlichen Quadern, deren Stossfugen mit rasch bindendem Mörtel verkittet werden. Einzelne, aus dem Erdreich dringende Quellen an der Sohle oder an den Seitenwänden können durch Einstampfen von reinem rasch bindenden hydraulischen Kalk in Säcken verstopft werden, wozu die Schalung des Verfassers sehr gute Dienste leistete.

Bei der Besprechung der verschiedenen für den Canalbau anzuwendenden Materialien ist bis jetzt nicht von den Preisen derselben die Rede gewesen, welche je nach der Localität sich ändern. Hier in Wien dürfte der Preis des für Canalbauzwecke gleich guten Ziegelgemäuers und Betons per Cubikeinheit so ziemlich sich gleichstellen.

Betoncanäle ermöglichen also eine Ersparniss im Verhältniss der für sie möglichen Reductionen der Mauerdicken, welche im Einzelnen im III. Capitel besprochen worden sind.

Diese Ersparniss lässt sich ungefähr mit 20% der jetzigen Baukosten beziffern, nur für die grösseren Canäle beträgt sie weniger.

Da sich aber durch die glatten regulären Betoncanäle deren Abflusskraft ebenfalls um mindestens 20% vermehrt (IV. Capitel), so kann man auch die Dimensionen des lichten Querschnittes entsprechend herabsetzen, wodurch auf's neue eine Ersparniss von circa 20% herbeigeführt werden kann. Diese letztere Ersparniss würde allerdings ihre Grenze an demjenigen lichten Querschnitte finden, welcher behufs Räumung durch Handarbeit nicht mehr weiter verkleinert werden kann. Sehen wir aber, wie es hiemit in Wien beschaffen ist.

Der kleinste Strassenabzugscanal in Wien wurde seit her mit 4' (1.26^m) Höhe und 2½' (0.79^m) Weite, neuerdings seit Einführung des Metermaasses mit 110^{cm} und 80^{cm} normirt.

Hauscanäle jedoch sind mit 1.05^m Höhe und 0.60^m Weite normirt. Nun bedürfen Hauscanäle, da in ihnen weniger Wasser zur Spülung vorhanden ist, einer öfteren Reinigung als die Strassencanäle, wie auch die Erfahrung in Wien ausweist, indem von den Gesamt-Reinigungskosten von fl. 354152 — für das Jahr 1874 — fl. 132240 auf die Strassencanäle, fl. 194360 auf die Hauscanäle kommen.

Es dürften somit die für Hauscanäle bestimmten Dimensionen auch für viele Strassencanäle ausreichen, nämlich für alle diejenigen, für welche das Niederschlagsgebiet nicht grössere Dimensionen nothwendig macht. Dies in Betracht gezogen, kann man obige Ersparnisse von 20% für sämtliche Strassencanäle gelten lassen.

Sollte hier vielleicht eingewendet werden, dass man zur Fortbewegung des Unrathes in Scheibtruhen u. s. w. Platz braucht, so ist zu erwidern, dass durch die bessere Anlage der Canäle der Unrath überhaupt durch das Wasser

weggespült wird, und die Räumung durch Handarbeit nur noch zur seltenen Ausnahme werden wird.

Sicherlich werden auch durch die Arbeit mit den Krampen die Canäle beschädigt und dürften die bedeutenden Reparaturkosten der Wiener Ziegelcanäle theilweise ungenügender Arbeit, theilweise der Räumung zugeschrieben werden.

Die Betoncanäle von denselben lichten Dimensionen wie die Ziegelcanäle nach Wiener Normalmaass würden also durch Ersparung an Mauerdicke auf circa 80% der Kosten dieser kommen und durch die mögliche Verminderung ihres lichten Querschnittes würden diese 80% wieder um 20%, d. h. um $\frac{80 \cdot 20}{100}$; also um 16% der ursprünglichen Kosten verkleinert, so dass ein Ersparniss von 36% möglich wäre.

Wenn trotz aller Vortheile des Betons als Baumaterial für Unrathcanäle dieser dennoch so viele Gegner in den Gemeinderäthen findet, so lässt sich dies einigermaassen erklären durch die Menge des für allerhand Zwecke unrichtig gemachten Betons, der dann auch natürlich schlechte Resultate gibt. Es ist hier aber immer richtig angemachter und eingebrachter Beton verstanden. Auch kann man daraus, dass Beton z. B. für Pflasterungen schlechte Resultate gegeben hat, nicht schliessen, dass er solche auch für Unrathcanäle geben wird; denn bei den Pflasterungen ist er den verschiedenen Temperatureinflüssen ausgesetzt, bald dem Frost, bald der Sonnenhitze, welchen beiden er nicht gut widerstehen kann, bei den Canälen aber befindet er sich stets in gleicher Temperatur und in der ihm so zuträglichen Feuchtigkeit. Daher kommt es, dass die Betoncanäle sich immer grösseren Eingang verschaffen, und sind dieselben jetzt schon in vielen Städten, z. B. in Zürich, Bern, Nizza u. A., eingeführt.

Endlich kann noch ein Schritt weiter und zum Röhrensystem übergegangen werden, wodurch wieder eine neue sehr namhafte Ersparniss eintreten kann.

Dieses System, zuerst in England angewandt, wird auch auf dem Continente immer häufiger.

Die Canalisirung von Tottenham wurde nach dem getrennten System, also mit Ausschluss des Regenwassers von James Pilbrow 1852 gebaut.

In Tottenham wurden an den oberen Enden der Zweigcanäle Schwemmschächte angebracht, in welchen Hydranten mit kurzen Schläuchen das Wasser in die Canäle leiteten; diese Vorrichtung war nie nöthig und kam ausser Gebrauch.

Die Hauptleitung war folgendermaassen arrangirt:

62' (19.6 ^m)	lang Gefälle	1	auf	80	Röhrendurchm.	7½"	(0.197 ^m)
247' (78.1 ^m)	"	1	"	150	"	7½"	(0.197 ^m)
1200' (379.3 ^m)	"	1	"	340	"	9"	(0.237 ^m)
1000' (316.1 ^m)	"	1	"	340	"	12"	(0.316 ^m)
315' (99.6 ^m)	"	1	"	635	"	12"	(0.316 ^m)
1495' (472.5 ^m)	"	1	"	635	"	15"	(0.395 ^m)
1913' (604.7 ^m)	"	1	"	659	"	18"	(0.474 ^m)
1655' (523.2 ^m)	"	1	"	826	"	18"	(0.474 ^m)
3000' (948.2 ^m)	"	1	"	1062	"	18"	(0.474 ^m)
10887 Fuss (3441 ^m) Länge.							

Die Canalisirung ist für 3000 Häuser angelegt.

Täglich liefen 200000 gallons à 4.543 Litres durch. In 50 Minuten lief ein in den oberen Theil eingeworfener schwimmender Körper ganz durch und die grösste Geschwindigkeit war in den 15" (0.395^m) Röhren, der Strom führte Steine und grosse Ziegelstücke mit. In den 15" (0.395^m) Röhren, war die Flüssigkeit 7" (0.18^m) hoch; 3000' (948^m) vom Ausfluss nach oben war sie 5" (0.132^m), am Ausfluss 3" (0.079^m) hoch.

Die grösste Wassermenge war zwischen 9 bis 11 Uhr Morgens, an Sonntagen eine Stunde später.

Am Ausfluss war ein Wächter angestellt, der ein Magazin von Seife, Bürsten, Fetzen, Zinn und Glasscherben anlegte; die Hauscanäle waren nur 4" (0.105^m) im Durchmesser weit.

Der Ausfluss war frei, die Canalgase wurden vom Strome mitgerissen, so dass durch die Schachtöffnungen eine Flamme nach einwärts zog.

Die Canalisirung von Danzig wurde 1870 gebaut und hat eiförmige Sammelcanäle 4' (1.26^m) hoch und 2' 8" (0.84^m) weit, zusammen 13400' (4236^m) und 9—18" zöllige (0.237—0.474^m) kreisförmige Röhren als Strassencanäle, zusammen 118000' (37.3^{km}), welche gegen 4000 Häuser entwässern und auch das Regenwasser aufnehmen. Ueber die Dimensionen der Hauscanäle hat Verfasser keine Notiz gefunden, es lässt sich aber annehmen, dass dasselbe auch Röhren von nicht mehr als 9" (0.237^m) Durchmesser sind, die Röhren haben Gefäll von $\frac{1}{100} - \frac{1}{600}$. Die Sammelcanäle ein solches von $\frac{1}{1500} - \frac{1}{2400}$; sie werden gespült.

Ueber die Salzburger Canalisirung hat Verfasser folgenden Bericht in Händen.

„Hinsichtlich der Canalisirung der Stadt Salzburg theilen wir Ihnen mit, dass dieselbe im Jahre 1868 fast in allen grösseren Strassen durchgeführt wurde. Die schlüpfbaren Canäle wurden nicht an Ort und Stelle eingestampft, sondern man verwendete dazu fertige Rinnen aus Perlmooser Portland und Schotter. Die Rinnen waren 3' (0.948^m) hoch, 2' (0.63^m) oben breit und hatten gewölbte Deckel. Zu den Seitencanälen verwendete man 15"/22", 12"/12", 9"/9" ($\frac{395}{579}$, $\frac{316}{316}$, $\frac{237}{237}$) Rinnen, die kleineren mit ebenen Deckeln. Sämmtliche 3' (0.948^m) lang.

Unseres Wissens hat sich diese Canalisirung vortrefflich bewährt, da nirgends Rinnen ersetzt werden mussten.“

1857 waren in London 347 Meilen Canälrohren gelegt für 27000 Häuser mit gutem Erfolg. Mr. Roe, Chiefengineer of the Metropolitan commission of the Sewers in London, machte mehrjährige Versuche, welche zeigten, dass, wo cementirte und irdene Röhren kein Deposit zurückliessen, gewöhnliche Ziegelflächen unter denselben Umständen dies thaten.

Der Fall, dass Bäche, welche seither offen durch einen Ort geflossen sind, ihrer üblen Ausdünstung halber zugewölbt werden müssen, kommt sehr oft vor. Meistens beschränkt man sich darauf Widerlager und Gewölbe aufzuführen und den Bach in seiner natürlichen Sohle weiterlaufen zu lassen. Dieses Verfahren, wobei man scheinbar die Mauerung der Sohle erspart, ist wohl in den meisten

Fällen ein verkehrtes. Würde man den Bach in ein ringsum gemauertes Rohr einleiten, so würde die Geschwindigkeit des Wassers verdoppelt bis verdreifacht und es würde sich herausstellen, dass durch die mögliche Reduction der Dimensionen das Rohr viel billiger zu stehen kommt, als der nur überwölbte Bach.

Die Festsetzung einer einzigen Normalwandstärke für einen Canal von bestimmtem lichtem Querschnitt scheint nicht wissenschaftlich gerechtfertigt; sondern die Wandstärke soll sich nach der Tiefe des Canals, nach der Bauart, ob im offenen Einschnitte oder im Stollen und nach der Art des umgebenden Erdreichs richten.

Mit Ziegeln ist man freilich nicht recht mobil mit Abänderungen an der Wandstärke, und dies mag der Hauptgrund sein, warum beinahe immer für Ziegelcanäle feststehende Normalmauerdicken bestehen; ja dies geht sogar so weit, dass für alle Canal-Kategorien in Wien ganz dieselbe Mauerstärke besteht wie schon früher erwähnt.

Mit Beton kann man ohne besondere Mühe mit der Wanddicke beliebig wechseln.

Hat man für Betoncanäle einen technisch gebildeter Unternehmer, so kann man diesem vielleicht die Mauerdicken überlassen, mit der Bedingung, dass der Einschnitt spätestens nach einer Woche einzufüllen ist. Trägt der Canal alsdann die Last, so wird er sie später immer leichter tragen.

Soweit man sich nach Vollendung der Objecte von ihrer Güte überzeugen kann, scheint ein Einfluss der Bauleitung auf die Fabrication derselben nicht nöthig, und auch nicht gerathen.

Schlüpfbare Canäle können stets besichtigt werden, man kann sich überzeugen, ob das Material fest und hart ist, ob nirgends Ausbrüche und Spalten sind, ob es glatt ist u. s. w.; auch kann man nach gewissen Zeiten gewisse Härtegrade des Materials vorschreiben.

Röhren werden vorher untersucht, ob sie glatt und hart genug sind.

Da das einzige, was man nicht durch Ansicht beurtheilen kann, der Grad der Wasserdichtigkeit der Masse ist, so ist es geboten, das Mischungsverhältniss zwischen Cement, Sand und Schotter vorzuschreiben; jedoch kann auch die Wasserdichtigkeit durch Aufgrabungen erforscht werden, deren Kosten auf die Gemeinde oder auf den Unternehmer fallen müssten, je nachdem die Canäle sich in dieser Beziehung gut oder schlecht gezeigt haben.

Etwas aber, was vorgeschrieben werden, und jeder Unternehmer schon in seinem eigenen Interesse thun muss, wenn er gute Arbeit liefern will, ist das Verbot, die Arbeiter im Accord zu beschäftigen.

Bürkli sagt in seinem Buch über Canäle (Seite 225) Folgendes:

„Auch die Art der Ausführung muss je nach den Verhältnissen verschieden sein. Dabei ist vor Allem die äusserste Sorgfalt in der Arbeit ein Haupterforderniss, wenn eine gute Anlage nicht durch Mängel an solcher zu einer gefehlten werden und die Nachtheile der letzteren mit sich führen soll. Die Materialien sollen von bester Qualität sein und bei ihrer Verarbeitung mit möglichster Sorgfalt behandelt werden.

So wichtig daher eine Preisermässigung mit Rücksicht auf die grossen Längen sein mag, wird doch eine unbedingte Annahme der niedrigsten Eingaben bei Vergabungen in Accord häufig zu schweren Missgriffen führen und ist solche nirgends weniger gerechtfertigt als hier. Ebenso erheischen die mannigfachen, unvorherzusehenden Schwierigkeiten im Boden erfahrene und solide Unternehmer, welche der Ueberwindung derselben gewachsen sind.

Man wird sich nicht damit begnügen können, bei Herstellung des Mauerwerks wie bei gewöhnlichen Bauten zu verfahren, da dasselbe so kaum wasserdicht würde, was doch als wesentlich gefordert werden muss.“

Ein Unternehmer für das ganze Canalsystem, der auch die Unterhaltung und Räumung gegen eine gewisse Vergütung übernimmt, welchem dann aber auch die ausschliessliche Herstellung der Hauscanäle übertragen sein muss, bietet die beste Garantie für genaue und richtige Anlage der Canäle.

Denn um sich die Räumungskosten zu ersparen, wird er die Anlage selbst zweckmässig und solid herstellen; Fehler, die er bei der Ausführung macht, würde er später selbst durch vergrösserte Räumungskosten zu tragen haben.

Der Bau der Unrathscanäle bietet nach dem Vorhergehenden ein interessantes Beispiel, wie durch minutöseste Ausführung des Mauerwerks das Object nicht theurer, sondern billiger wird, indem die Mauerdicken sowohl als die lichten Querschnitte der Objecte um so mehr abnehmen können, je exacter das Mauerwerk hergestellt ist.

Schlusswort.

Als Resumé dieser Abhandlung ergeben sich folgende Punkte, welche einer Unterstützung durch den österr. Ingenieur- und Architekten-Verein werth wären.

1. Die Beseitigung der Abfallstoffe soll nur nach Projecten sachverständiger Ingenieure gestattet sein.

2. Die Art dieser Beseitigung soll sich der Localität anpassen, wobei man nach dem jetzigen Stand der Wissenschaft nur die Wahl hat zwischen dem Tonnensystem, dem pneumatischen Canalisationsystem und dem Schwemmsystem.

3. Jedes dieser 3 Systeme muss in seiner neuesten, vollkommensten Gestalt angewendet werden.

4. Das Schwemmsystem muss seinen Namen verdienen, d. h. der Unrath muss durch das Wasser der Closets und der Haushaltungen fortgeschwemmt werden, ohne Zuhilfenahme fremden Wassers, oder gar der Handarbeit.

Deshalb braucht jeder Abzugscanal nur so gross zu sein, damit er die grösste jemals hineingelangende Wassermenge abführt, niemals aber unter 0.15^m Durchmesser.

5. Mit dem Schwemmsystem muss der Zwang zu Water-Closets in den Häusern verbunden werden.

6. Das Baumaterial für die Canäle muss ebenso ohne Vorurtheile gewählt werden, wie das Ableitungssystem der Abfallstoffe selbst.

7. Die Unrathscanäle müssen wasserdicht, innen glatt und regelmässig ausgeführt werden, ein auch für den Abfluss der kleinsten vorkommenden Flüssigkeitsmengen möglichst günstiges liches Querprofil haben; ihre Wanddicke soll

nicht durch Normalien, sondern durch Material und äussere Umstände bestimmt werden.

8. Das Regenwasser braucht nicht nothwendig in die Unrathscanäle eingeleitet zu werden.

9. Die Ausführung der Canäle muss entweder in Regie geschehen oder darf nur sachverständigen Specialisten in Accord gegeben werden.

10. Am besten ist es, die Herstellung, Ergänzung, Reparatur und Räumung des ganzen Canalsystems an eine einzige Unternehmung zu vergeben, welche für Reparatur und Räumung nur ein Pauschale erhält.

Behufs der Reinigung der Städte sind gewiss von allen Betheiligten schon viele Fehler gemacht worden und werden auch noch viele gemacht werden.

Gar nicht gut hat es nach meiner Ansicht bis jetzt gewirkt, dass die maassgebenden Persönlichkeiten zu ausschliesslich das eine oder andere System befürworten oder bekämpfen, und so zu sagen, Parteiungen bilden.

Befriedigendere Resultate dürften erreicht werden, wenn die Ingenieure, in deren Hand eine derartige Aufgabe gegeben ist, unbefangen an ihre Arbeit gehen, wenn sie vollständig vom Bestehenden unterrichtet sind, und dann das wählen, was für den speciellen Ort sich am besten eignet.

Es dürfte auch hier eine gesunde Individualisirung einem schablonenhaften Normalsystem vorzuziehen sein.

Hoffen wir, dass das Ziel, welches diese Fragen sich gesteckt haben, bald erreicht, dass die jetzt noch zweifelhaften Punkte durch die Erfahrung aufgeklärt, und dass wir bald überall in grossen und kleinen Städten, in Strassen und Häusern nur frische, freie und gesunde Luft einathmen werden.

Die Bausysteme

beleuchtet von

Franz Edlen v. Schwarz,

k. k. Commissär der General-Inspection der österr. Eisenbahnen.

Ein entsprechender Erfolg bei Durchführung grosser Bauanlagen, als da sind Eisenbahnen, Canäle, Hafenbauten u. s. w., kann nur dann erreicht werden, wenn eine richtige Wahl des Bausystems getroffen wird; denn der Einfluss desselben äussert sich nicht nur in der Dauer der Bauzeit, der Solidität der Bauausführung, sondern auch, und zwar hauptsächlich in der Grösse der Baukosten.

Im Allgemeinen lassen sich folgende Arten von Bausystemen anführen:

1. Der Regiebau mit oder ohne Kleinaccord;
2. das Accord-Bausystem, wozu man
 - a) den Accordbau gegen Nachmaass,
 - b) den Preislisten-Accordbau,
 - c) den Pauschal-Accordbau und
 - d) die General-Entreprise rechnet.

Im Wesen des Regiebaues liegt es, dass die Ausführung aller Arbeiten unter der directen Einflussnahme des Bauherrn selbst erfolgt. Alle Organe, deren er sich bedient, sind ihm unmittelbar verantwortlich, und er entscheidet in Betreff des Entwerfens der Projectpläne, der Kostenvoranschläge, der Beschaffung und Bezahlung der Arbeitskräfte, Materialien u. s. w. Nur den Accord für

kleinere Partien, betreffe er nun den Arbeitslohn oder die Materialien, schliesst der Regiebau nicht aus.

Das Wesen des Accordbaues beruht darauf, dass sich der Bauherr um die factische Bauausführung, und zwar um die Arbeits-Dispositionen, die Material-Beschaffungen, ja oft sogar nicht einmal um die Verfassung der Projectpläne und Kostenvoranschläge kümmert; sondern einzig und allein die vertragsmässigen Zahlungen leistet. Nur über die vertragsmässige Ausführung des Ganzen und bezüglich der Güte der Arbeit und der Materialien übt er eine Controle aus.

Darum liegt der Schwerpunkt des Accord-Bausystems in dem mehr oder weniger genau präcisirten Bauvertrage mit seinen Behelfen an Plänen, Preisanalysen und Kostenvoranschlägen.

Während daher beim Regiebaue der Bauherr den Bau selbst führt, wird der Bau bei Accord-Bausystem an einen Anderen übergeben.

Die Vergebung der Bauarbeiten wird jedoch bei den verschiedenen oben angeführten Arten des Accord-Bausystems verschieden sein, und zwar findet sie bei dem Accordbaue gegen Nachmaass in der Weise statt, dass der Bauherr die Anfertigung der Pläne und Preistabellen veranlasst, und auf Grundlage dieser Behelfe einen Voranschlag entwirft. Dieser dient dann weiter dazu, um einen sorgfältig formulirten Bauvertrag mit dem Bauunternehmer einzugehen.

Bei dem Preislisten-Accord schliesst der Bauherr auf Grundlage nur unvollständig ausgearbeiteter, oft sogar ohne alle Pläne, nach ermittelten Einheitspreisen für die einzelnen Arbeiten mit dem Bauunternehmer einen Bauvertrag ab.

Bei dem Pauschal-Accordbau (*marché à forfait*) überlässt der Bauherr auf Grundlage oft sehr sorgfältig gearbeiteter und detaillirt entworfener Baupläne und Kostenvoranschläge die Herstellung des Bauobjectes an einen Unternehmer gegen Leistung einer bestimmten Verdienstsomme.

Die General-Entreprise endlich ist jenes Accord-Bausystem, wo der Bauherr auf Grund meist oberflächlich verfasster oder ganz genereller Pläne und Kostenvoranschläge den Bau an einen Unternehmer gegen Leistung einer bestimmten Summe Geldes oder gewisser Geldwerthe überlässt.

Uebergehen wir nun zur Untersuchung der Vor- und Nachtheile der einzelnen Systeme, um die Bedingungen zu ersehen, unter denen ein jedes die zweckmässigste Anwendung finden kann.

Der Regiebau.

Dieser hat vor Allem den Vortheil, dass der Bauherr den Bau selbst durchführt. Ihn wird offenbar nur der Gedanke leiten, den Bau so gut und vollkommen als möglich auszuführen, und er wird dies um so eher zu leisten im Stande sein, als er mit Niemand irgend einen Gewinnst zu theilen braucht. Der Regiebau wird daher dort besonders anwendbar sein, wo die Solidität des Baues gewahrt werden soll und wo im Vorhinein genaue Kostenvoranschläge nicht zu bewerkstelligen sind.

Dies wird bei den meisten Vorbereitungs-Arbeiten, insbesondere bei gewissen Erd-, Wasser- und Tunnelbauten

der Fall sein; denn bei den Vorarbeiten in schwierigen Terrain-Verhältnissen ist es ohne einen grossen Aufwand an Zeit und Geld nicht möglich, die Bauverhältnisse genau zu erheben. Aus demselben Grunde ist bei einzelnen Bauobjecten, z. B. bei Entwässerungs-Anlagen, Flussbauten, wo eine vorsichtige und solide Ausführung erfordert wird, der Regiebau angezeigt.

Bei der factischen Baudurchführung ähnlicher Objecte wird sich die Ausführung bald günstiger, bald ungünstiger gestalten, als man anfangs annahm. Diese Umstände müssen aber von den Accordnehmern in das Calcul ihrer Anbote einbezogen werden, und da man erfahrungsgemäss das Risiko immer grösser veranschlagt, so wird offenbar der Bauherr zu grösseren Leistungen herangezogen und hiedurch zu Schaden kommen.

Weiters ergeben sich während der Bauausführung oftmals Conjunctionen, die, vortheilhaft benützt, zu Gunsten des Bauhofes verwerthet werden können, was aber in vollem Maasse nur bei dem Regiebau-Systeme ausführbar ist. Freilich darf man aber nicht vergessen, dass der Bauhof auch die ungünstigen Conjunctionen tragen muss.

Hier können wir uns einer Bemerkung nicht enthalten, nämlich, dass die weitverbreitete Ansicht, der aus dem Accordbau-Systeme für den Unternehmer hervorgehende Gewinn komme bei dem Regiebau-Systeme dem Bauhofe zugute, nur mit Vorsicht aufzunehmen und nur bedingter Weise richtig sei. Nicht selten beruht der Nachweis der Ersparung auf einer Selbsttäuschung, vorzüglich dann, wenn bei einer Rechnungsaufstellung nur die directen Baukosten in Anschlag gebracht, die indirecten Auslagen hingegen nicht in Erwägung gezogen, ja oft geradezu vernachlässigt werden.

Ein unschätzbarer Vortheil erwächst aus der Anwendung des Regiebaues von Seite des Staates demselben dadurch, dass dieses System die richtige Schule für die Heranbildung der Baubeamten wird, indem diese die Pläne und Kostenvoranschläge für die durchzuführenden Bauten zu entwerfen, zu prüfen, den Bau zu leiten oder zu überwachen haben.

Oder sollte es wohl Jemand bestreiten, dass es für die angedeuteten Functionäre nicht eine ausgezeichnete Schule bildet, wenn künftigen Bauleitern und Ueberwachungs-Organen Gelegenheit geboten wird, selbstständige Bauten auszuführen und über diese eigenen Ausführungen Rechenschaft ablegen zu müssen.

Es entfallen da die marktgängigen Ausreden durch den Hinweis der geringeren Einflussnahme auf die Disposition u. s. w. vollständig. Durch den Regiebau eignen sich die Functionäre eine sichere Beurtheilung der Kostenätze für die einzelnen Arbeiten an, üben sich in der Beurtheilung der zu bewältigenden Schwierigkeiten bei der Durchführung der einzelnen Arbeiten und sammeln sich in der Behandlung und der Beurtheilung der Arbeiten Erfahrungen, die man nicht so leicht erwirbt, wenn man nicht selbstthätig zwischen und mit den Arbeitern verkehrt. Dass man Letzteres nicht gering anschlagen darf, wird ein jeder Fachmann zugestehen, der den Werth einer richtigen Beurtheilung der Arbeitsleistung für gegebene Verhältnisse kennt.

Nicht minder sind oder können wenigstens die Resultate der Regiebauten von grossem Nutzen sein. Werden nämlich die Ergebnisse, welche gelegentlich der Abrechnungen gewonnen werden, in geeigneter Weise zusammengestellt und verarbeitet, so kann man für neue Bauausführungen ein sehr schätzbares und verlässliches Material, sowohl bezüglich der Beurtheilung des Kostenaufwandes als auch der Dauer der Ausführung, erhalten. Dies ist um so wichtiger, als die Ingenieure meist erst nach Beendigung des Baues oder zum Schlusse desselben Zeit gewinnen, die während des Baues gemachten Erfahrungen zu überblicken, sie näher zu prüfen, um sie künftig zweckmässig zu verwerthen.

Deshalb wäre es auch wünschenswerth und nicht genug zu empfehlen, dass selbstständige Bauleiter die während der Bauperiode gemachten eigenen Erfahrungen bezüglich grösserer Anlagen nach deren Vollendung der Oeffentlichkeit übergeben würden.

Soll jedoch der Regiebau die bisher erwähnten Vortheile ergeben, so setzt er nothwendig voraus, dass das leitende Personale geübt und geschäftskundig sei und selbstthätig eingreife. Verwendet man jedoch ein unerfahrenes oder ungeübtes Personale, so kann gerade dieses Bausystem sehr kostspielig werden, weil man dabei die begangenen Fehler und Ungeschicklichkeiten sehr leicht zu verdecken vermag.

Ebenso muss der Bauleiter nicht nur Kenntnisse des Bauwesens, sondern auch Verwaltungskenntnisse besitzen und auch die Grundsätze des Rechnungswesens dürfen ihm ebensowenig fremd sein; kurz, es darf ihm Geschäftsroutine nicht mangeln.

Hat er aber letztere, so wird er die Bauleitung einheitlich organisiren, da eine solche Organisation kein Bausystem entbehren kann; dennoch wird er aber dem leitenden Personale ein entsprechendes Maass der freien Bewegung bezüglich der Arbeitseinteilung und Kostenvertheilung gestatten müssen.

Besonders die im Betriebe befindlichen Eisenbahnen sind in der Lage, das Regiebau-System bei den Ergänzungs- und Erneuerungsbauten einzuführen.

Abgesehen von dem berücksichtigungswerthen Umstand, dass die meisten Reconstructions-Bauten aus Betriebssicherheits-Rücksichten unter einer speciellen Aufsicht ausgeführt werden müssen, stehen für die Ausführung meist ältere und in der Regel auch erfahrenere Techniker zu Gebote. Es drängt auch zumeist die Zeit nicht derart, wie bei Neubauten; es können die Entlohnungsverhältnisse und die Materialpreise besser studirt werden, wodurch zugleich Erfahrungen für Neubauten gewonnen werden.

Indess darf man dabei nicht vergessen, dass die Verhältnisse der Preise bei dem Neubau von Eisenbahnen sich stets abnormaler stellen, als bei bereits im Betriebe befindlichen.

Der Accordbau gegen Nachmaass.

Derselbe gewährt dem Accordnehmer die Möglichkeit, unter Zuhilfenahme der Belege den Umfang der ihm obliegenden Leistungen und Pflichten, sowie auch die Grösse

der für seine Leistungen entfallenden Entlohnungen sicherzustellen. Diese Art der Accord-Vergebung hat für den Accordnehmer wohl das geringste Risiko, da er eben aus den Plänen und den Vorausmassen die Art und den Umfang der Leistungen und aus der Preistabelle die Entlohnung bezüglich des zu realisirenden Unternehmer-Gewinnes mit Leichtigkeit und Sicherheit vorherberechnen kann.

Offenbar sollte man daher meinen, dass bei diesem Bausysteme auf die einfachste Weise sowohl für den Vortheil des Bauherrn als des Accordnehmers gesorgt sei, indess, sobald man etwas genauer zusieht, werden gar manche Nachtheile in's Auge springen.

Ist nämlich der Unternehmer nicht vollkommen zuverlässig, indem er entweder unerfahren oder nicht mit hinreichendem Betriebscapitale versehen ist, so müssen sich nothwendig sowohl für den Bauherrn, respective die Bauverwaltung, als auch den Unternehmer grosse Nachtheile herausstellen, weshalb Prozesse nicht ausgeschlossen sein werden.

Allerdings kann man einwenden, ein ähnlicher Uebelstand finde auch beim Regiebau mit Kleinaccord statt, was bis auf einen gewissen Punct richtig ist. Allein man darf nicht vergessen, dass dieser Umstand bei dem Regiebau-System weniger nachtheilig ist, indem, wenn ein Missstand erkannt wird, dieser beim Regiebaue schneller zu beseitigen ist und, vermöge der beim Kleinaccord enger gezogenen Grenzen, grössere Nachtheile nicht zu besorgen sind.

Auch der Regieaufwand ist bei diesem Bausysteme für den Bauherrn nicht unbedeutend, denn er benöthigt ein, je nach der Grösse der Bauanlage oft sehr ansehnliches Personale zur Anfertigung des Projectes, ferner zur Aufsicht und endlich zur Abrechnung, und bei alledem hat er doch keine vollkommene Einflussnahme auf die Bauökonomie, indem der aufgestellte Vertrag ein selbstständiges Vorgehen hindert. Ferner müssen die Organe des Bauherrn eine langjährige Erfahrung, Geschäfts- und Localkenntnisse besitzen, denn die von ihnen aufzustellenden Preisermittlungen üben einen wesentlichen Einfluss auf die Bauökonomie und die späteren Erhaltungskosten aus.

Sorgfältig und richtig gearbeitete, wenn auch mässig gehaltene Preisanalysen werden meistens mässige Forderungen der Unternehmer zur Folge haben, denn sind die Personen, welche die Preisermittlungen vorgenommen haben, als geschäftskundige, reelle und erfahrene Personen bekannt, so wird eben dieses Vertrauen auf die Richtigkeit der Grundlagen der Verträge die Forderungen beeinflussen.

Aus dem bisher Angeführten dürfte zur Genüge hervorgehen, dass bei dem Accordbaue gegen Nachmaass eine namhafte Ersparniss für Personal-Auslagen dem Regiebau gegenüber keineswegs stattfindet; ja meist tritt sogar eine Vertheuerung der Anlage aus dieser Ursache ein.

Der Preislisten-Accordbau.

Derselbe erfordert bezüglich der Ermittlung der Einheitspreise eine besondere Gründlichkeit; ferner erheischt er eine genaue Beschreibung jeder einzelnen Arbeit und der zu beschaffenden Materialien, wenn späteren Einderen seitens des Unternehmers vorgebeugt und Prozesse vermieden werden sollen. Dieses Accord-System enthebt

auch keineswegs der Mühe des Nachmessens der fertiggestellten Arbeiten, und die Abrechnung erfordert viel Zeit und Mühe und macht besondere Umständlichkeiten, wenn der Bauherr und der Unternehmer seine Rechnung finden soll. Die Rechnungslegung pflegt daher im gegebenen Falle meist das Resultat gegenseitiger Compromisse zu sein. Will also die Bauverwaltung bei diesem Systeme nicht zu bedeutenden Nachtheilen kommen, soll die Solidität des Bauobjectes nicht Schaden leiden und die Bauzeit nicht ungünstig beeinflusst werden; kurz, sollen erspriessliche Resultate aus dieser Art der Bauvergebung hervorgehen, so wird der Regieaufwand für den Bauherrn gewiss ein nicht unbedeutender sein und es werden sehr gediegene Controls-Organe nothwendig sein. Im Gegenfalle lässt es viel Spielraum für persönliche Interessen zu. Darum ist es erklärlich, dass dieses System fast nur seitens der Unternehmer bei General-Entreprisen gegenüber den Sub-Accordanten Anwendung findet, indem es nach allem bisher Angeführten dem Systeme „Accordbau gegen Nachmaass“ entschieden zurücksteht und daher nicht sehr empfehlenswerth ist.

Der Pauschal-Accord (marché à forfait).

Bei diesem häufig angewendeten Systeme wird die Aufstellung eines richtigen Vertrages mit einer genauen Beschreibung der zu leistenden Arbeiten, deren Bonität und endlich die Festsetzung der Bauzeit (Beginn und Fertigstellung) nothwendig sein, damit spätere Recriminationen, von welcher Seite immer sie erfolgen, hintangehalten werden.

Die Aufstellung solcher Verträge erfordert jedoch eine bedeutende Umsicht und Kenntniss, und gehört wohl zu den schwierigsten Aufgaben der Administration.

Bei diesem Systeme übernimmt der Unternehmer ein bedeutendes Risiko, und dem entsprechend müssen seine Forderungen gestellt werden; darum erheischt es sowohl seitens des Bauherrn, als auch des Unternehmers bedeutende Vorsicht, wenn nicht Einer oder der Andere oder gar beide Theile Schaden leiden wollen.

Die Ueberwachung seitens des Bauherrn bezieht sich blos auf die Nachschau der richtigen Einhaltung der dem Accorde zu Grunde gelegten Pläne, dann der Beistellung eines vertragsmässigen Materials, einer soliden Arbeit und endlich der genauen Erfüllung der weiteren Vertragsbestimmungen.

Die Abrechnungsarbeiten können bei diesem Systeme schnell abgewickelt sein (vorausgesetzt, dass nicht Prozesse entstehen), weil es sich am Schlusse der Arbeiten eben nur um die Feststellung der planmässig und vertragsmässig bestimmten Ausführungen handelt.

Nun ist allerdings zu berücksichtigen, dass es in den seltensten Fällen gelingen wird, ein Project genau nach den ursprünglich aufgestellten Plänen herzustellen, besonders bei Canälen, Eisenbahnen, Hafenbauten u. s. w. Es können während des Baues Umstände eintreten, die man unmöglich voraussehen konnte, denen aber doch Rechnung getragen werden muss, weshalb man hier einen Theil des Projectes fallen zu lassen, dort eine Mehrherstellung zu leisten gezwungen ist.

Jedes rationell angewandte Accord-System muss es gestatten, dass nachträgliche Aenderungen an dem ursprünglichen Bauplane eintreten dürfen, ohne dass der Bauherr mehr als die entsprechenden Kosten trägt. Natürlich soll der Unternehmer auch nicht zu Schaden kommen und Processe hintangehalten bleiben. Darum erfordert dieses System gleich den anderen, dass die Pläne und Ueberschläge von erfahrenen Bautechnikern verfasst und ein routinirtes, streng rechtliches, dabei aber einsichtsvolles Personale zur Ueberwachung verwendet werde.

So oft es dem Bauherrn gelingt, tüchtige, mit den nöthigen Mitteln ausgerüstete solide Unternehmer heranzuziehen, wird bei entsprechender Handhabung der Bauaufsicht dieses Bausystem, welches den eigentlichen Baubetrieb an den Unternehmer überlässt und dadurch die Aufgabe des Bauherrn vereinfacht, des Letzteren Interesse auch vollkommen wahren können.

Wo vor dem Angriffe der Bauarbeiten gründliche Vorstudien gemacht sind, daher richtige Pläne verfasst werden können, und wo während des Baues nicht wesentliche Abweichungen von den ursprünglichen Plänen vorkommen, wird dieses System anwendbar; allein bei ungenügenden Vorstudien und ungenauen Plänen bietet eben der Pauschal-Accord keine hinlängliche Garantie für eine billige und schnelle Herstellung des Bauobjectes.

Im Falle ungenauer Pläne und lax verfasster Verträge muss man den betreffenden Unternehmern zumeist weitgehende Freiheiten zugestehen oder das Interesse des Bauherrn im Processwege erstreiten, wo gewiss weder das Eine noch das Andere für die Oekonomie des Baues vortheilhaft sein kann.

Die General-Entreprise.

Den Nachtheil einer mangelhaften, oberflächlichen Projects-Verfassung glaubte man ganz einfach durch das System der General-Entreprise zu beseitigen, und dies System fand insbesondere bei grossen Bauten, z. B. Eisenbahnen, Anwendung und Vertheidiger, indem man hauptsächlich darauf hinzuweisen pflegte, dass alles Risiko den Unternehmer trafe und der Bauherr im Voraus wisse, was das herzustellende Object kosten werde.

Indess ist es schon schwierig, einen Alles umfassenden und processualisch nicht anfechtbaren Vertrag für ein einzelnes abgeschlossenes Bauobject aufzustellen, so ist es gewiss noch weit schwieriger, den richtigen Vertrag über ein Geschäftsunternehmen, wie es z. B. eine Eisenbahn ist, abzuschliessen, und dies zwar umsomehr, als man die Schwierigkeit noch dadurch vermehrt, indem man ausser der Herstellung der Bauobjecte auch die Lieferung der Betriebsvorrichtungen durch den betreffenden General-Unternehmer geschehen lässt. Da aber die General-Unternehmer in den meisten Fällen nur ein Interesse für die erste Herstellung, keineswegs aber für den künftigen Betrieb der übernommenen Objecte zu entwickeln pflegen, die Controlaufsicht aus leicht begreiflicher Ursache dieses Interesse nicht zu erregen vermag, so ist wohl dieser Umstand Mitursache, dass man bei der General-Entreprise so unangenehme Erfahrungen zu machen Gelegenheit fand,

wodurch dieses System berüchtigt ward und bei Vielen heutzutage den Ruf besitzt, dass es den grössten Schwindeleien den weitesten Spielraum gewähre. Und in Wirklichkeit haben eine grosse Zahl der nach diesem Systeme ausgeführten Eisenbahn-Anlagen für die General-Entreprise ein ungünstiges Zeugniß abgegeben und es sind hiebei so eigenthümliche Verhältnisse zu Tage getreten, dass nicht selten Concessionäre, Bauherr und Accordant als identische Personen und die Aufsichtsorgane als maskirte Bedienstete des Letzteren erkannt wurden.

Dieses Verdingungs-System hat also nur dann den gerühmten Vortheil, das Risiko des Bauherrn zu übernehmen, wenn dem General-Unternehmer die weitgehendsten Einräumungen in der Durchführung der übernommenen Herstellungen zugestanden und das jedem Accord-System anhaftende Risiko in ausgiebiger Weise in Rechnung genommen wurde. Die Güte der Arbeit hängt übrigens immer von dem mehr oder weniger chevaleresken Benehmen des General-Unternehmers und seiner Vertreter ab.

Einfluss des Systems auf die Dauer der Bauzeit.

Das Fertigstellen des Bauobjectes, wenn nur die Dauer des factischen Baues in's Auge gefasst wird, wird sowohl bei Anwendung dieses oder jenes Systems in gleicher Zeit zu erzielen sein, weil die Ursachen, welche eine Zeitdifferenz in der Fertigstellung des Baues hervorrufen können, nichts mit dem Systeme gemein zu haben pflegen.

Geldmangel, Arbeitermangel, schlechte Dispositionen können bei jedem Systeme vorkommen, ohne dass behauptet werden kann, das System trage daran Schuld. Selbst die bei den Accord-Systemen vorkommenden Verzögerungen des Baues aus Ursache gegentheiliger Auslegung eines mangelhaft verfassten Vertrages können nicht so sehr dem Systeme zur Last gelegt werden, als sie vielmehr auf Rechnung einer nicht hinreichend umsichtigen Bauverwaltung gesetzt werden müssen, weil es doch der letzteren obliegt, nicht nur entsprechende Verträge zu schliessen, sondern auch zeitgemäss einzugreifen, wenn sie sieht, dass dem Vertrage nicht entsprochen werden kann. Durch zeitgemässes Eingreifen kann nämlich eine während des Baues herbeigeführte Verzögerung für die Vollendung der Bauanlage unschädlich gemacht werden.

Aber bezüglich der Dauer der Abrechnung ergeben sich für die Bauverwaltung Unterschiede, je nach der Wahl des Systems. Jedoch ist der Einfluss nur dann von Bedeutung, wenn das betreffende Bauobject von grösserer Dimension ist.

Die Dauer der Schlussabrechnungen hängt bei dem Regiebaue von der eingeführten Verrechnungs-Methode ab, schliesst jedoch bei richtigem Vorgange meist nicht lange nach der Vollendung des Bauobjectes ab.

Bei den Accord-Systemen ist die Rechnungslegung wohl einfach und auch schnell abgewickelt, wenn nicht Differenzen mit den Unternehmern, hervorgehend aus den nicht für alle Fälle vorhergesehenen Verträgen eine Verzögerung oder die Entstehung von Civilprocessen die Hinausschiebung des Rechnungsabschlusses veranlassen.

Aus letzterer Ursache wird das Accord-System meist

eine längere Bauzeit herbeiführen, als das Regiebau-System, und auch bei dem Accord-Systeme wird nur der Pauschal-Accord und dessen Abart, die General-Entreprise, eine schnelle und einfache Abrechnung ergeben, wenn eben keine besonderen Forderungen erhoben und daher Prozesse vermieden werden.

Einfluss des Bausystems auf die Solidität des Baues.

Die Solidität des Baues kann bei jedem Systeme erzielt werden, ob sie aber wirklich erzielt wird, hängt hauptsächlich von der Tüchtigkeit und dem reellen Gebahren der Bauverwaltung und der Bauführung ab. Bei Annahme der gleichen Geschäftstüchtigkeit der Bauverwaltung gegenüber einer Bauunternehmung wird wohl der Regiebau die solideste Bauausführung ergeben; besonders aber dann, wenn die Bauverwaltung nach der Vollendung noch für eine ökonomische Erhaltung der Bauten während deren Benützung die Verantwortlichkeit zu tragen hat.

Diese Wahrnehmung gründet sich darauf, dass die Bauverwaltung bei dem Regiebaue ihr Interesse durch eine hinreichend grosse Zahl geschulter, selbstthätiger und an dem Erfolge ihrer Leistungen direct Antheil nehmender Organe besser zu wahren im Stande ist, als wenn dieselbe durch ihre Organe nur die Aufsicht üben lässt.

Und dies findet insbesondere darin seine Erklärung, dass das anordnende und zugleich ausführende Organ ein grösseres Interesse an der richtigen Durchführung einer Arbeit hat, als es bei einem blossen Aufsichtsorgane der Fall zu sein pflegt, indem das letztere leicht in die Versuchung geräth, als die Hauptaufgabe seiner Thätigkeit nur die Beurtheilung des fertigen Bauobjectes anzusehen. Nun kann aber ein fertiges Bauwerk sehr erhebliche Mängel haben, die selbst bei der gewissenhaftesten Prüfung nach seiner Vollendung nicht sogleich entdeckt werden, und erst in späterer Zeit machen sich die Baumängel in den Erhaltungskosten bemerkbar.

Aus dem eben angeführten Grunde wird beim Accordbaue, und insbesondere bei der General-Entreprise, die Solidität der Bauausführung Abbruch leiden, weil zumeist eine ungenügende Zahl von oft auch nicht vollkommen tauglichen und gewissenhaften Aufsichtsorganen seitens der Bauverwaltung Verwendung findet, und weil das Interesse der Bauverwaltung mit dem Interesse der Bauunternehmung nicht Hand in Hand geht; denn vom Abschluss des Accord-Vertrages bis zur vollendeten Arbeit stehen Bauherr und Bauunternehmer bezüglich der Interessen im Gegensatze. Der Bauherr hat das Bestreben, um den bedungenen Preis das höchste Ausmaass der Leistungen zu erhalten, während der Unternehmer bestrebt ist, den möglichst grössten Gewinn aus dem eingegangenen Vertrage zu erzielen und daher seine Leistung in den Grenzen, welche ihm durch den eingegangenen Vertrag gezogen sind, auf ein Minimum herabzudrücken trachtet.

Beides ist in der menschlichen Natur begründet und kann am Ende, insolange man nur ehrenhafte Mittel zur Realisirung des Zweckes von beiden Seiten gebraucht, nicht gerade missbilligt werden.

Weiter muss man bemerken, dass bei den Accord-Systemen zum Zwecke der Erreichung der hinreichenden Solidität die Bauverwaltung genöthigt ist, ein ausgezeichnet geschultes und routinirtes Personale als Controlorgan in Verwendung zu nehmen, wenn dasselbe den Organen der Bauunternehmung gegenüber die einflussnehmende Stellung bewahren und nicht in eine schiefe Stellung gebracht werden soll.

Ueberdies will hier auch gleichzeitig erwähnt werden, dass je grösser ein aufzustellendes Personale ist, desto weniger dafür Gewähr vorhanden ist, durchaus tüchtige und verlässliche Organe anwerben zu können, besonders wenn die Verwendungsdauer nur eine kurze bestimmte Zeit umfassen soll.

Daher kann es auch beim Regiebaue geschehen, dass die Solidität des Baues in Folge der Personalfrage leidet.

Bei unrichtiger Geschäfts-Organisation kann das leitende und anordnende Personale beim Regiebau von dem Verwaltungsdienste so sehr in Anspruch genommen werden, dass es ihm schwer wird, seine Zeit den eigentlichen Ausführungsarbeiten widmen zu können, so dass die aufgestellten Controlorgane des Bauherrn bei den Accord-Systemen bessere Erfolge erzielen.

Einfluss des Bausystems auf die Bauökonomie.

Wir müssen im Vorhinein bemerken, dass die Wahl des Systems von nicht zu unterschätzendem Einfluss auf die Kosten der Bauanlage ist.

Bei richtiger Auswahl des leitenden Personals wird der Regiebau wohl eine weitgehende Oekonomie erzielen lassen, indem die Regie-Auslagen gegen das Accord-System herabgemindert sind, denn der Administrationskörper einer Bauunternehmung für die Durchführung grösserer Bauanlagen muss in derselben Weise und in derselben Gliederung vorhanden sein, wie er bei einer Bauverwaltung eingerichtet werden müsste, wenn diese selbst als bauführendes Organ auftritt.

Die Erfahrung zeigt, dass die General-Unternehmungen entweder das Regiebau-System pflegen oder wieder das Accord-System gegen Nachmaass oder den Preislisten-Accord, ja selbst den Pauschal-Accord bringen sie für die Durchführung der übernommenen Verpflichtungen in Anwendung. Diese Vervielfältigung der gegenseitigen Controle lässt offenbar eine Verbilligung der Regie-Auslagen für eine Bauanlage bei Anwendung des Accord-Systems nicht aufkommen, denn es ist wohl erklärlich, dass die Auslagen deshalb nicht kleiner werden, weil statt eines direct wirkenden ein complicirter Verwaltungs-Mechanismus aufgestellt wird.

Der Bauherr muss ein entsprechendes und hinreichend grosses Personale aufstellen, die Unternehmung kann aber auch nicht ohne die entsprechenden Functionäre eine erspriessliche Thätigkeit entwickeln, und es wird sich bei Vergleichung concreter Fälle erweisen, dass durch die Anwendung des Accord-Systems die Verbilligung der Bauanlage nicht eintritt.

Sollte aber dennoch die Regie-Auslage für Bauführungen bei Anwendung der Accord-Systeme herabgemindert

sein, so hat dies seine Begründung theils darin, dass die Controle der Bauverwaltung eine meist oberflächliche wird und die Bauunternehmung in ihren leitenden Organen besonders thätige und erfahrene Personen besitzt, theils dass die Bauunternehmung einen sehr vereinfachten Administrations-Modus einführt, wobei aber nicht zu vergessen ist, dass oft auch da nur scheinbare Erfolge einer billigeren Administration erreicht zu werden pflegen.

Uebrigens wird man nicht wegleugnen können, dass die Bauunternehmungen jedem Functionär die grösstmögliche Selbstständigkeit gewähren und ihm Vertrauen entgegenbringen, weshalb sie auch von ihm die grösste Leistung erwarten können; denn jede unnütze Beschränkung der Thätigkeit eines Functionärs macht die Verwaltung schwerfällig und benimmt dem Einzelnen die Freude an der Arbeit. Ebenso ist es von den Bauunternehmungen sehr klug, den Bureaukratismus möglichst zu verbannen, der sich in Bauverwaltungs-Behörden so leicht einzubürgern pflegt, und dieser fördert die Oekonomie sehr wenig, da er sehr gewichtig über den Kreuzer zu schreiben versteht, auf den Gulden aber vergisst, der dabei verloren geht.

Weiters wurde schon früher erwähnt, dass seitens der Unternehmung das übernommene Risiko mit in Rechnung gebracht werden muss, was ebenfalls nicht zu Gunsten der Oekonomie ausfallen kann.

Es stellt sich demnach die ganze Sachlage einfach in der Weise dar, dass, wenn der Bauherr, bezüglich der Bauverwaltung in der Lage ist, eine einfache und zweckmässige Organisation der Bauleitung zu erzielen, was gewiss nicht unmöglich sein wird, da es nur die Acquirirung tüchtig geschulter und reeller Arbeitskräfte voraussetzt; so wird der Regiebau billiger als irgend ein Accord-System sein, natürlich unter der Voraussetzung der gleichen Solidität und Dauer der Bauzeit.

Nach dem Regiebau dürfte das Pauschal-Accord-System unter allen Accord-Systemen dasjenige sein, das den grössten ökonomischen Erfolg für sich in Anspruch nehmen kann; denn gelingt es dem Bauherrn, bezüglich der Bauverwaltung, geschäftskundige, mit den nöthigen Betriebsmitteln und hinreichenden Betriebscapitalien ausgerüstete und zugleich reelle Bauunternehmer heranzuziehen, so kann bei entsprechender Handhabung einer rationellen Bauaufsicht dieses Accord-System vollkommen entsprechende Resultate herbeiführen und in vielen Fällen sogar sehr ökonomische Resultate ergeben, dann jedoch dem Regiebaue vorzuziehen sein.

Das Verfahren bei der Bauvergebung im Offertwege ist verschieden; so schreibt der Ingenieur Ruelle im Jahrgange 1868 der „Annales des ponts et des chaussées“ über den Accordbau, dass es sich bewährt habe, die Unternehmer zu einer selbstständigen Aufstellung der Preistabellen nach eigener Untersuchung, aber nach ihnen zugestellten gleichen Formularen heranzuziehen. Diese von den Unternehmern aufgestellten Preistabellen werden sodann miteinander verglichen, indem die verschiedenen Einzelpreise mit den voraus festgestellten Maassen combinirt und hiedurch so viele Kostenvoranschläge über das bezügliche Bauobject erhalten werden, als Offerenten vorhanden sind.

Einfach ist diese Methode zwar nicht, kann aber den Vortheil bieten, die Befähigung des Offerenten aus der Stellung der Preise für seine Leistungen zu beurtheilen.

Wird nun dieses oder jenes Verfahren bei der Vergabung der Accorde und Abschliessung der Verträge angewendet, so ist doch immer der Umstand maassgebend, dass Vereinbarungen über Accorde ohne vorangegangene genügende Vorstudien, oder wenn die Behelfe nur auf Schätzungen beruhen, keine Gewähr für einen ökonomischen Erfolg vorhanden ist; denn es tritt entweder der Fall ein, dass man dem Bauunternehmer sehr weitgehende Einräumungen gewähren muss, oder man muss die Interessen der Bauverwaltung im Processwege erkämpfen, weil jeder Unternehmer die Vorthelle im Accordvertrage sehr gerne übernimmt, die Nachtheile aber, die ihn möglicherweise treffen, immer dem Bauherrn zuschiebt, der sie auch meistens tragen muss, wenn auch nicht direct, so doch gewiss indirect.

Die österreichischen Bahnverwaltungen können hierüber wohl Manches erzählen.

Schliesslich hängt also jeder Erfolg für den Bauherrn von der Wahl der Personen ab, die den Bau durchzuführen haben, und deshalb möchten wir mit einem Ausspruche des als Autorität im Eisenbahnwesen geltenden Directors der London and North Western Railway Mac Huish über die bei den Eisenbahnbauten und dem Eisenbahndienst überhaupt zur Verwendung gelangenden Personen schliessen.

Derselbe äusserte sich:

„Es ist nicht genug, wenn der Beamte seine Pflicht erfüllt. Die geschriebenen Gesetze erfüllt zu haben, wird zwar immer von Verantwortlichkeit freihalten, heisst aber, insbesondere beim Eisenbahnwesen, sehr wenig geleistet zu haben. Ein Bediensteter, der allen Vorschriften nachkommt, kann doch ein miserabler Beamter sein. Der Eisenbahndienst überhaupt braucht zur Durchführung Männer und nicht Maschinen. Ja, Männer, die mit richtiger Umsicht handeln, die sich stets fragen, ob das, was sie thun sollen, nicht besser und billiger auf andere Weise geschehen kann; Männer mit nimmer ermüdender Energie, mit ungehemmter Thatkraft, die den richtigen Augenblick zu erfassen und rasch zu handeln wissen; Männer mit grosser Umsicht, mit Scharfsinn und Ueberblick, denen nichts entgeht, das Kleinste so wenig wie das Grösste; die genau wissen, was sie unternehmen wollen und darnach die zweckmässigsten Maassnahmen treffen; die alle Bestellungen derart treffen, damit sie zur richtigen Zeit geliefert sein können; Männer mit einer kaufmännischen Ader, denen keine Chance zum billigen Einkaufe, zu einem günstigen Accord oder Vertragsabschluss entgeht und die selbst Zufälligkeiten sofort in ihre Combination aufnehmen und ausnützen.“

Männer der Wirthschaftlichkeit, die nicht hier um Kreuzer feilschen und dort tausend Gulden zu Grunde gehen lassen; Männer, die den Untergebenen und die Arbeiter verstehen und sie zu behandeln wissen und die bei den verschiedenen Anforderungen und oftmals sinnverwirrenden Ereignissen am Bauplatze oder im Eisenbahndienste niemals den Kopf verlieren.

Aber solche Beamte erfordern eben auch eine ebentbürtige Verwaltung.

Zwar kann man diese Männer mit den verlangten Eigenschaften nicht so ohne weiters aus dem Boden stampfen, sie müssen herangebildet werden.

Wenn auch jede Verwaltung das Material in Händen hat, so ist nicht jede Verwaltung fähig, die im Stillen schlummernden Keime für sich zu entwickeln und zu verwerten.

Der Ellipsenträger.

Von

Franz Pfeuffer,
Ingenieur.

Bei der Construction eiserner gerader Gitterträger waren und sind bisher mit wenigen Ausnahmen nur Utilitäts-Rücksichten die maassgebenden.

Immer wird der Grundsatz aufrecht erhalten, bei genügender Festigkeit und entsprechender Solidität den kleinsten Material-Aufwand zu erzielen.

Diesem Umstande verdanken wir die Erfindung der Gitterträger mit gekrümmten oder polygonalen Gurten, als da sind: die Parabelträger, der Schwedler'sche Träger, der Träger mit parabolischen Enden und die Näherungsform für letzteren: „der Trapezträger“.

Alle diese Trägerformen sind aus einem mehr oder minder complicirtem mathematischen Calcul entstanden, dem stets die Bedingung: „die Materialmenge soll ein Minimum werden“ zu Grunde lag.

Es konnten somit auch nur sozusagen mathematische Formen zu Tage kommen, die leider den Anforderungen der Aesthetik meist nicht entsprechen.

So zeigen alle oben erwähnten Formen entweder eine störende Discontinuität der Krümmung oder ein flaches Auslaufen des Obergurtes in das Widerlager, so dass das Auge den Eindruck empfängt, als sei der Träger an den Enden zu schwach — kurz es bieten sich nirgends Analogien mit den, dem natürlichen mechanischen Gefühl so geläufigen Constructionsformen der einfachen Balkenlage oder des Gewölbes.

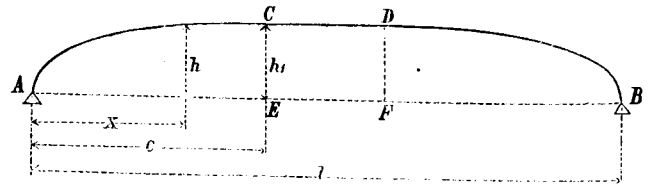
Wie sehr der Schönheitssinn nach solchen Analogien sucht, beweist, dass die einfachen Parallelträger und die Bogenträger, welche eben nur eine Uebersetzung von Alters her bekannter Constructionsformen in ein modernes Materiale sind — allgemein als die relativ schönsten angesehen werden.

Es läge somit die Idee nahe, eine in der Holz- und Stein-Architektur schon eingebürgerte Form, die organisch mit nahezu verticaler Tangente aus dem Widerlager herauswächst und ohne auffallenden Krümmungswechsel weiter verläuft, entweder direct oder mit einer solchen Modification zur Anwendung zu bringen, welche das Anstreben eines Material-Minimums ermöglicht, ohne die obigen Bedingungen zu verletzen.

Eine solche Form ist die Ellipse oder der Korbogen.

Zwar hat schon F. Laissle bei der Colomak-Brücke eine ellipsenähnliche statt der Schwedler'schen Form für den Obergurt angewendet, aber, wie nachfolgender Calcul erweisen wird, nicht mit dem grösstmöglichen Vortheil.

Nehmen wir nämlich, um auf die mathematische Behandlung dieser Idee überzugehen, eine Trägerform an, wie sie in nachstehender Figur skizzirt erscheint — aus einem geraden Mittelstück mit ellipsenförmigen Enden bestehend — stellen dann allgemein den Ausdruck für die Materialmenge auf und bestimmen unter der Annahme, dass die Länge der ellipsenförmigen Enden variabel sei, das Material-Minimum, so müssen wir zu einer Form kommen, die nahezu beiden gestellten Bedingungen entspricht.



Mit Rücksicht auf die in die Figur eingeschriebenen Bezeichnungen und mit Bezug auf den Auflagerpunkt A wird die Gleichung des elliptischen Endes:

$$h = \frac{h_1}{c} \sqrt{x(2c-x)}$$

ferner:

$$\frac{dh}{dx} = \frac{h_1}{c} \frac{c-x}{\sqrt{x(2c-x)}}$$

Das Volumen der Gurte wird pro Längeneinheit:

$$v = \frac{1}{k} \cdot \frac{M}{h} (1 + \sec^2 \sigma),$$

wobei M das Maximalkraft-Moment, k die zulässige Inanspruchnahme des Materiales und σ den Winkel der Tangente an den Obergurt mit der Axe bedeutet.

Das Volumen der Gurte eines elliptischen Endes wird demnach:

$$V_1 = \frac{1}{k} \int_0^c \frac{M}{h} (1 + \sec^2 \sigma) dx = \frac{1}{k} \int_0^c \frac{M}{h} (2 + \tan^2 \sigma) dx.$$

Setzt man hierin $M = \frac{1}{2} q x (l-x)$, wobei q die totale

Last pro Längeneinheit bedeutet und $\tan \sigma = \frac{dh}{dx}$, so wird

$$V_1 = \frac{1}{k} \int_0^c \frac{q c x (l-x)}{2 h_1 \sqrt{x(2c-x)}} \left(2 + \frac{h_1^2}{c^2 x} \frac{(c-x)^2}{(2c-x)} \right) dx.$$

Nach weiterer Ausführung und Zerlegung in Partialbrüche erhält man:

$$V_1 = \frac{q}{k} \int_0^c \left\{ \left(\frac{c}{h_1} - \frac{h_1}{2c} \right) \left(\frac{x l}{\sqrt{x(2c-x)}} - \frac{x^2}{\sqrt{x(2c-x)}} \right) + \frac{c h_1}{2 \sqrt{x(2c-x)}} + \frac{c h_1 (l-2c)}{2 (2c-x) \sqrt{x(2c-x)}} \right\} dx.$$

Mit Hilfe der Reductionsformeln für das binomische Integral bestimmt sich:

$$\int_0^c x^{\frac{1}{2}} (2c-x)^{-\frac{1}{2}} dx = c \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right)$$

$$\int_0^c x^{-\frac{1}{2}} (2c-x)^{-\frac{1}{2}} dx = c^2 \left(\frac{3\pi}{4} - 2 \right)$$

$$\int_0^c x^{-\frac{1}{2}} (2c-x)^{-\frac{1}{2}} dx = \frac{\pi}{2}$$

$$\int_0^c x^{-\frac{1}{2}} (2c-x)^{-\frac{3}{2}} dx = \frac{1}{c};$$

daher

$$V_1' = \frac{q}{k} \left\{ \left[\frac{c}{h_1} - \frac{h_1}{2c} \right] \left[l c \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) - c^2 \left(\frac{3\pi}{4} - 2 \right) \right] + \frac{c h_1 \pi}{4} + \frac{h_1 (l - 2c)}{2} \right\},$$

oder nach gehöriger Reduction:

$$V_1' = \frac{q l^2}{k} \left\{ \left[\left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) \frac{c^2}{l^2} - \left(\frac{3\pi}{4} - 2 \right) \frac{c^3}{l^3} \right] \frac{l}{h_1} + \left[\left(1 - \frac{\pi}{4} \right) + \left(\frac{5\pi}{8} - 2 \right) \frac{c}{l} \right] \frac{h_1}{l} \right\}.$$

Die Querschnitte der Gitterstäbe sind für ein n -faches

System: $f = \frac{Y}{n k} \sec \alpha$ und $f_1 = \frac{Y}{n k} \sec \beta$, wenn

$Y = Q - \frac{M}{h} \frac{dh}{dx}$. (Siehe Winkler: „Innere Kräfte gerader Träger“.) Hierbei bedeutet:

Q die Maximal-Transversalkraft,

M das derselben Lastlage entsprechende Moment,

α und β die Strebenwinkel gegen die Verticale.

Das Volumen der Gitterstäbe für eine Maschenweite wird demnach:

$$\frac{Y h}{n k} (\sec^2 \alpha + \sec^2 \beta)$$

und da auf die Maschenweite von der Länge

$$\frac{1}{2} h (\tan \alpha + \tan \beta)$$

$\frac{1}{2} n$ Stäbe von der Neigung α , und $\frac{1}{2} n$ Stäbe von der

Neigung β kommen, so wird das Volumen des Gitterwerkes pro Längeneinheit

$$v_1' = \frac{Y}{k} \frac{\sec^2 \alpha + \sec^2 \beta}{\tan \alpha + \tan \beta} = \frac{C Y}{k},$$

wobei für Netzwerk und $\alpha = \beta = 45^\circ$ der Coefficient $C = 2$, für Fachwerk und $\alpha = 0$, $\beta = 45^\circ$ $C = 3$ wird.

Es ergibt sich sonach das Volumen des Gitterwerkes eines elliptischen Endes zu:

$$V_2' = \frac{C}{k} \int_0^c Y dx.$$

Nun ist aber:

$$Q = \frac{1}{2} g (l - 2x) + \frac{p (l-x)^2}{2 l},$$

$$M = \frac{1}{2} (g l + p l - p x) \frac{x (l-x)}{l},$$

wobei g das Eigengewicht, p die zufällige Last pro Längeneinheit ist.

Diese eingesetzt, wird:

$$V_2' = \frac{C}{k} \int_0^c \left\{ \frac{1}{2} g (l - 2x) + \frac{p (l-x)^2}{2 l} - \frac{1}{2} \frac{g l + p l - p x}{l} \cdot \frac{(l-x)(c-x)}{2 c - x} \right\} dx;$$

nach entsprechender Umgestaltung

$$V_2' = \frac{C}{k} \int_0^c \left\{ \frac{1}{2} (g + p) c - \frac{1}{2} p \frac{(2c-l)c}{l} - \frac{1}{2} \left(g + p - \frac{c-l}{l} p \right) x - \frac{(2c-l)c}{2c-x} \left(\frac{g+p}{2} - \frac{pc}{l} \right) \right\} dx.$$

Durch die Integration ergibt sich:

$$V_2' = \frac{C}{k} \left\{ \frac{1}{2} (g + p) c^2 - \frac{1}{2} p \frac{(2c-l)c^2}{l} - \frac{c^2}{4} (g + p) - \frac{c^2 (c-l)}{4 l} p - \left(\frac{g+p}{2} - \frac{pc}{l} \right) (2c-l) c \lg 2 \right\}.$$

Dies weiter reducirt, gibt:

$$V_2' = \frac{C l^2}{k} \left\{ g \left[\frac{c}{l} \lg 2 + \left(\frac{c}{l} \right)^2 \left(\frac{1}{4} - \lg 2 \right) \right] + p \left[\frac{c}{l} \lg 2 + \left(\frac{c}{l} \right)^2 (1 - \lg 2) + \left(\frac{c}{l} \right)^3 \left(2 \lg 2 - \frac{5}{4} \right) \right] \right\}.$$

Für das Volumen der Gurte des mittleren Theiles erhält man analog dem früheren aus:

$$V_1'' = \frac{1}{k h_1} \int_0^{\frac{1}{2} l} M dx$$

$$V_1'' = \frac{q l^2}{k} \left[\frac{1}{6} - \left(\frac{c}{l} \right)^2 + \frac{2}{3} \left(\frac{c}{l} \right)^3 \right] \frac{l}{h_1}.$$

Für das Volumen des Gitterwerkes des mittleren Theiles aus:

$$V_2'' = \frac{2C}{k} \int_c^{\frac{1}{2} l} Q dx$$

$$V_2'' = \frac{C l^2}{k} \left\{ g \left[\frac{1}{4} - \frac{c}{l} + \left(\frac{c}{l} \right)^2 \right] + p \left[\frac{7}{24} - \frac{c}{l} + \left(\frac{c}{l} \right)^2 - \frac{1}{3} \left(\frac{c}{l} \right)^3 \right] \right\}.$$

Setzt man:

$$\left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) \left(\frac{c}{l} \right)^2 + \left(2 - \frac{3\pi}{8} \right) \left(\frac{c}{l} \right)^3 = \alpha'$$

$$\left(1 - \frac{\pi}{4} \right) + \left(\frac{5\pi}{8} - 2 \right) \frac{c}{l} = \beta'$$

$$\frac{\lg 2}{2} \frac{c}{l} + \left(\frac{1}{4} - \lg 2 \right) \left(\frac{c}{l} \right)^2 = A'$$

$$\frac{\lg 2}{2} \frac{c}{l} + (1 - 2 \lg 2) \left(\frac{c}{l} \right)^2 + \left(2 \lg 2 - \frac{5}{4} \right) \left(\frac{c}{l} \right)^3 = B'$$

$$\frac{1}{6} - \left(\frac{c}{l} \right)^2 + \frac{2}{3} \left(\frac{c}{l} \right)^3 = \alpha''$$

$$\frac{1}{4} - \frac{c}{l} + \left(\frac{c}{l} \right)^2 = A'', \quad \frac{7}{24} - \frac{c}{l} + \left(\frac{c}{l} \right)^2 - \frac{1}{3} \left(\frac{c}{l} \right)^3 = B'',$$

so wird:

$$V_1' = \frac{q l^2}{k} \left[\alpha' \frac{l}{h_1} + \beta' \frac{h_1}{l} \right], \quad V_2' = \frac{C l^2}{k} [A' g + B' p]$$

$$V_1'' = \frac{q l^2}{k} \alpha'' \frac{l}{h_1}, \quad V_2'' = \frac{C l^2}{k} [g A'' + p B'']$$

Die Werthe der Coefficienten für verschiedene Verhältnisse von c zu l sind in folgender Tabelle enthalten:

$\frac{c}{l}$	α	β'	A'	B'	α''	A''	B''
0	0	0.5000	0	0	0.16667	0.25	0.29167
0.1	0.00535	0.2110	0.03023	0.03093	0.15733	0.16	0.20133
0.2	0.01998	0.2073	0.05159	0.05495	0.13200	0.09	0.12900
0.3	0.04176	0.2037	0.06409	0.07288	0.09467	0.04	0.07267
0.4	0.06854	0.2000	0.06773	0.08554	0.04933	0.01	0.03033
0.5	0.09370	0.1964	0.06250	0.09375	0	0	0

Das Gesamtvolumen des Trägers wird nun:

$$V = \frac{l^2}{k} \left\{ g \left[\alpha \frac{l}{h_1} + \beta \frac{h_1}{l} + C A \right] + p \left[\alpha \frac{l}{h_1} + \beta \frac{h_1}{l} + C B \right] \right\}$$

wenn $2 \alpha' + \alpha'' = \alpha$, $2 \beta' = \beta$, $2 A' + A'' = A$ und $2 B' + B'' = B$ gesetzt wird.

Die Werthe für α , β , A und B sind folgende:

$\frac{c}{l}$	α	β	A	B
0	0.1667	1.0000	0.2500	0.2917
0.1	0.1680	0.4220	0.2205	0.2632
0.2	0.1720	0.4146	0.1932	0.2389
0.3	0.1782	0.4074	0.1682	0.2184
0.4	0.1864	0.4000	0.1455	0.2014
0.5	0.1874	0.3928	0.1250	0.1875

Das Gesamtvolumen für Netzwerk ($C = 2$) und Fachwerk ($C = 3$) ergibt sich, wenn wir z. B. $h_1 = \frac{1}{8} l$ setzen, zu:

$\frac{c}{l}$	V für Netzwerk		V für Fachwerk	
	Einfluss von g	Einfluss von p	Einfluss von g	Einfluss von p
0	1.958	2.042	2.208	2.333
0.1	1.838	1.923	2.059	2.187
0.2	1.814	1.906	2.008	2.145
0.3	1.813	1.914	1.982	2.132
0.4	1.832	1.944	1.978	2.145
0.5	1.796	1.923	1.923	2.111
	$\frac{gl^2}{k}$	$\frac{pl^2}{k}$	$\frac{gl^2}{k}$	$\frac{pl^2}{k}$

Die in dieser Tabelle für Fachwerk eingeschriebenen Werthe gelten nur für einfaches Fachwerk, nicht für Doppelfachwerk. Für die Belastung durch die gleichmässige Last g , für welche keine Gegenstreben nöthig werden, haben sie daher volle Giltigkeit. Nicht so für die Belastung durch die zufällige Last p , für welche Gegenstreben erforderlich sind. Hier ist also nicht das für $\frac{c}{l} = 0.5$ eintretende Minimum von $2.111 \frac{pl^2}{k}$, sondern das für $\frac{c}{l} = 0.3$ eintretende von $2.132 \frac{pl^2}{k}$ zu berücksichtigen, da hiefür das Doppelfachwerk nur auf eine kurze Länge und in schwachen Dimensionen nothwendig wird, also vernachlässigt werden kann.

Für die Belastung durch die gleichmässige Last g tritt das Material-Minimum für $\frac{c}{l} = 0.5$, also für den vollen Ellipsenträger ein, wie vorauszusehen war, da ja dies für den einfachen Balken die Form gleicher Festigkeit ist.

Für grosse Träger, wo das Eigengewicht überwiegt, wäre demnach der volle Ellipsenträger geeignet.

Für die Belastung durch die zufällige Last wird die Materialmenge für Netzwerk bei $\frac{c}{l} = 0.22$, für Fachwerk bei $\frac{c}{l} = 0.3$ am kleinsten.

Für kleinere Träger, wo die zufällige Last überwiegt, wie auch bei der eingangs erwähnten Colomak-Brücke, wird daher der Träger mit elliptischen Enden nach obigen Verhältnisszahlen vorzuziehen sein.

Zum Vergleiche sei hier die Tabelle, welche Prof. Winkler für den Träger kleinster Materialmenge (gerader Träger mit parabolischen Enden) erhielt, angeführt.

Für $h_1 = \frac{1}{8} l$ ist:

$\frac{c}{l}$	V für Netzwerk		V für Fachwerk	
	Einfl. von g	Einfl. von p	Einfl. von g	Einfl. von p
0	1.958	2.042	2.208	2.333
0.1	1.840	1.928	2.031	2.163
0.2	1.815	1.914	1.951	2.101
0.3	1.850	1.967	1.937	2.112
0.4	1.941	2.082	1.982	2.193
0.5	2.083	2.250	2.083	2.333
	$\frac{gl^2}{k}$	$\frac{pl^2}{k}$	$\frac{gl^2}{k}$	$\frac{pl^2}{k}$

Das kleinste Volumen ergibt sich

beim Netzwerk für $c = 0.17 l \dots 0.19 l$

beim Fachwerk „ $c = 0.23 l \dots 0.27 l$

Die Material-Ersparnis beträgt sonach:

beim elliptischen Träger

gegen den geraden Träger 7—15%

„ „ Parabel „ 8—18%

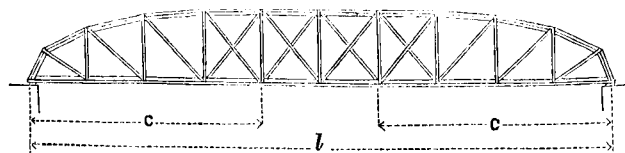
beim Träger mit parabolischen Enden

gegen den geraden Träger 5—15%

„ „ Parabel „ 7—18%.

Die Maxima der Material-Ersparnisse sind daher bei beiden Trägerformen vollständig gleich. Die Maxima sind beim elliptischen Träger sogar etwas höher, was jedoch durch die etwas grössere Länge der Endstreben und die dadurch nöthige, um wenigstens grössere Materialzugabe für die Sicherheit gegen Einknicken ausgeglichen werden dürfte.

Um die constructive Durchführung dieser Form zu veranschaulichen, diene folgende Skizze:



Die beiden Knotenpunkte an den Enden liegen in den Verticalen durch die Brennpunkte der Ellipsen. Selbstverständlich können auch für diese Trägerform trapezähnliche Näherungsformen zur Anwendung kommen.

Die analytische, wie auch die graphische Behandlung dieser Trägerform bleibt dieselbe wie für krummgurtige Träger im Allgemeinen.